

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



eVSM - Extensão do 'Value Stream Map' às questões ambientais e energéticas

Fábio Joel Pacheco Teles

PARA APRECIÇÃO DO JÚRI

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Américo Lopes Azevedo (Prof. Doutor)
Co-orientador: António Correia Alves (Eng.)

2 de Setembro de 2013

Resumo

O contexto social, económico e ambiental em que nos deparamos e a enorme competitividade existente na manufatura obrigam a que exista uma melhor otimização de recursos e uma busca incessante pelo combate ao desperdício, redução de custos e melhoria do sistema produtivo.

A evolução industrial verificada ao longo dos tempos levou a que a produção de desperdícios ambientais e emissões aumentasse abruptamente.

Este aumento significativo de produção de desperdícios ambientais levou a que a preocupação com o ambiente se tornasse um tema em voga e surgissem leis relativamente a níveis máximos de emissões.

Com o enraizamento desta cultura ambiental, as empresas começam a aplicar *Lean* e *Green* nos seus sistemas produtivos. Esta cultura levou à necessidade de ferramentas de visualização do sistema produtivo, e o *Value Stream Mapping*, uma das ferramentas *Lean*, surge como uma ótima solução para a visualização eficiente dos fatores económicos e ambientais associados à produção, permitindo ainda a gestão de fluxos de informação e materiais.

A adaptação da ferramenta permite o acréscimo de consumos, desperdícios e impactos ambientais associados à produção.

Esta dissertação assenta nos pressupostos *Lean* e *Green* como forma de melhoria dos processos produtivos a nível económico e ambiental, com o objetivo de estender o VSM aos fatores energéticos e ambientais e aplicar a ferramenta num contexto real.

Após a ferramenta devidamente testada e avaliada, foi escolhida uma empresa¹ de ambiente real, para aplicação e mapeamento da produção.

A ferramenta foi aplicada à produção da estrutura e acessórios da quinadora Guimadira PM13530, permitindo identificar os tempos associados a cada processo, bem como atualizar a informação da empresa em termos temporais, energéticos e ambientais, contribuindo para a identificação de diversos desperdícios.

A elaboração de propostas de melhoria levou a um estudo do impacto das melhorias que se estima contribuirá para a poupança anual de milhares de euros na empresa, e diminuição da emissão de toneladas de CO₂ para a atmosfera.

¹ A Adira foi a empresa escolhida para a aplicação da extensão do VSM.

Abstract

The social, economic and environmental context which we face and the huge existing competitiveness in manufacturing require a better optimization of resources and an incessant search for combating waste, costs reduction and improvement of the production system.

The industrial progress led to a huge increase of the production waste and emissions.

This significant increase of waste production has made the environmental concern an important theme and the appearance of laws concerning the maximum emissions level.

With the entrenchment of this environmental culture, companies begin to implement Lean and Green in their production system. This culture has led to the need of manufacturing visualization tools, and Value Stream Mapping, one of Lean tools, comes as a great solution for an efficient visualization of economic and environmental factors related with the production, also allowing the management of information and material flows.

The adaptation of the tool allows the addition of consumptions, waste and environmental impacts associated with the production.

This thesis is based on the Lean and Green philosophy as a way to improve production processes at an economic and environmental level with the goal of extending VSM to energy and environmental factors and apply the tool in a real context.

After the tool was properly tested and evaluated, company was chosen for the practical application and production mapping².

The tool was applied to the Guimadira PM13530 press brake structure and accessories production, allowing identifying the times related with each process, as well as updating the company data in terms of time, energy and environmental information, contributing to the identification of several wastes.

The preparation of improvement proposals has led to a study of the improvement impacts that is estimated to contribute to enterprise annual savings' thousands of euros, and the reduction of tons of CO₂ emissions into the atmosphere.

² Adira was the chosen company for the VSM extension application

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a algumas pessoas sem os quais a conclusão deste trabalho seria totalmente impossível.

Gostaria de fazer um agradecimento a todos os meus familiares e em especial aos meus pais, cunhado e irmã por todos os esforços realizados, e todo o apoio prestado, sem os quais a conclusão de mais esta etapa não aconteceria. A eles devo a pessoa que hoje sou.

Gostaria de agradecer à peste do meu afilhado por ser aquela fonte de inspiração.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo de todos estes anos, que proporcionaram todas estas vivências, e que contribuíram para que cada momento fosse único. O vosso apoio foi imprescindível para que a minha motivação estivesse sempre em alta para concluir os objetivos a que me tinha proposto.

A todos os membros do BEST Porto, obrigado por todos os momentos passados, graças a vocês certamente serei uma pessoa melhor.

Gostaria também de demonstrar o meu agradecimento ao Prof. Dr. Américo de Azevedo e ao Eng. António Correia Alves, sem os quais a conclusão deste trabalho seria impossível. Os seus conhecimentos e profissionalismo tiveram um papel muito importante na conclusão deste trabalho.

Gostaria por fim de agradecer a todos os elementos da Adira de Canelas, e em especial ao Eng. Pedro por toda a sua disposição e altruísmo. Sem eles a qualidade da dissertação não seria certamente a mesma.

Um muito obrigado a todos.

“The important thing is not to stop questioning. Curiosity has its own reason for existing.”

Albert Einstein

Conteúdo

Resumo	iii
Abstract	v
Agradecimentos	vii
Conteúdo	xi
Lista de figuras	xiii
Lista de tabelas	xiv
Abreviaturas	xvi
Capítulo 1.....	1
Introdução.....	1
1.1 - Motivação	1
1.2 - Objetivo e metodologia.....	2
1.3 - Estrutura do documento	3
Capítulo 2.....	4
Estado da Arte	4
2.1 - A evolução do <i>Lean</i>	4
2.2 - Os 8 desperdícios	7
2.3 - Lean Thinking.....	10
2.4 - VSM	15
2.5 - A ferramenta eVSM	25
Capítulo 3.....	27
<i>Lean e Green</i>	27
3.1 - Sustentabilidade	27
3.2 - Desperdícios ambientais	28
3.3 - Estratégias para a sustentabilidade	30
3.4 - Produção Lean e Green	32
3.5 - Necessidade da aplicação do VSM energético e ambiental	34
3.6 - O VSM ambiental	35
3.7 - Avaliação do VSM ambiental	38
Capítulo 4	39
Caso de estudo	39

4.1 - Enquadramento	39
4.2 - Objetivos	40
4.3 - Metodologia	40
4.4 - Posição face ao ambiente	42
4.5 - Família de Produtos	42
4.6 - Produção da PM Guimadira 13530	45
4.7 - Processos secundários.....	54
4.8 - Recursos Gerais	57
4.9 - VSM	57
4.10 - Medição dos consumos energéticos	60
4.11 - Emissões de CO ₂	62
4.12 - VSM ambiental	64
Capítulo 5	65
Melhorias e mapa de estado futuro.....	65
5.1 - Sugestões de melhoria	65
5.2 - Impacto da implementação	70
Capítulo 6	73
Conclusões e trabalho futuro	73
6.1 - Objetivos atingidos	73
6.2 - Trabalhos futuros	74
Referências.....	76

Lista de figuras

Figura 2.1 - Evolução das receitas líquidas da Toyota na indústria automóvel	6
Figura 2.2 - Esquema ilustrativo de uma cadeia de valor	16
Figura 2.3 - Áreas de um mapa de fluxo de valor	17
Figura 2.4 - Etapas para a elaboração de um VSM	18
Figura 2.5 - Exemplo de um mapa de estado atual	21
Figura 2.6 - Exemplo de um mapa de estado futuro.....	22
Figura 2.7 - Áreas de um mapa do software eVSM	26
Figura 3.1 - As três esferas da sustentabilidade.....	28
Figura 3.2 - Processos com maiores oportunidades de melhoria a nível ambiental.....	29
Figura 3.3 - Exemplo de processo com ícone EHS	35
Figura 3.4 - Incorporação dos dados ambientais no VSM.	36
Figura 3.5 - Comparação entre materiais usados e materiais desperdiçados	37
Figura 3.6 - Análise de entradas e saídas de cada processo.....	37
Figura 3.7 - Ícones para o fluxo de energia	38
Figura 4.1 - Metodologia usada ao longo do projeto.....	41
Figura 4.2 - Quinadora PM Guimadira 13530 acabada.....	43
Figura 4.3 - Fluxo de materiais verificado para a produção da estrutura da quinadora	45
Figura 4.4 - exemplo de <i>stock</i> existente nas instalações	49
Figura 4.5 - Estrutura da quinadora no processo de maquinagem	53
Figura 4.6 - VSM económico da empresa	59
Figura 5.1 - Exemplos de necessidade de aplicação de 5S	68

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Consequências dos 8 desperdícios	9
Tabela 2.2 - Análise de processos e procura para seleção de uma família de produtos	19
Tabela 3.1 - Comparação entre os principais atributos de Lean e Green	33
Tabela 4.1 - Dados estimados para a procura de produtos.....	42
Tabela 4.2 - Processos verificados em cada peça antes do processo de soldadura	44
Tabela 4.3 - Tempos associados ao processo de decapagem	46
Tabela 4.4 - Tempos de pintura de primária	47
Tabela 4.5 - Tempos associados ao processo de oxicorte	48
Tabela 4.6 - Velocidade de corte das chapas no processo de oxicorte	48
Tabela 4.7 - Aproveitamentos e retalhos verificados no processo de oxicorte	49
Tabela 4.8 - Peças desempenadas em condições ideais	50
Tabela 4.9 - Tempos associados ao processo de soldadura da estrutura da quinadora	51
Tabela 4.10 - Tempos associados ao processo de rebarbagem para as peças identificadas....	52
Tabela 4.11 - Tempos associados ao processo de maquinagem	52
Tabela 4.12 - Tempos associados às várias etapas do processo de pintura	54
Tabela 4.13 - Tempos associados ao corte no serrote	55
Tabela 4.14 - Lista de chapas cortadas na guilhotina	55
Tabela 4.15 - Chapas trabalhadas no processo de quinagem	55
Tabela 4.16 - Peças rebarbadas de forma giratória	56
Tabela 4.17 - Tempos médios de maquinagem da mesa, régua de esbarro e avental móvel ..	56
Tabela 4.18 - Consumos de recursos gerais por cada estrutura de quinadora produzida	57

Tabela 4.19 - Consumo horários de cada processo	61
Tabela 4.20 - Consumos verificados para a estrutura da quinadora e acessórios	61
Tabela 4.21 - Emissões de CO ₂ devido à produção de aço.....	63
Tabela 5.1 - Custos energéticos por KWh.....	70
Tabela 5.2 - Horário de referência para cada tipo de consumo	70
Tabela 5.3 - Impacto económico anual previsto	71

Abreviaturas

Lista de abreviaturas

Adira	António Dias Ramos
EHS	<i>Environment health and safety</i>
EPA	<i>Environment Protection Agency</i>
EPE	<i>Every part every</i>
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
<i>Etc.</i>	<i>Et cetera</i>
FIFO	<i>First-in-first-out</i>
ISO	<i>International Organization for standardization</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
REACH	<i>Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
U.S.A.	<i>United States of America</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

Capítulo 1

Introdução

O documento surge enquadrado no trabalho elaborado ao longo de um semestre na unidade curricular da dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em colaboração com uma empresa industrial produtora de bens de equipamento.

O capítulo 1 introduz todo o trabalho realizado, e nele são apresentados os motivos que sustentam a sua elaboração. A estrutura de todo o documento é também abordada neste capítulo.

1.1 - Motivação

O contexto social, económico e ambiental com que nos deparamos nos dias de hoje, levou a que as organizações procurem cada vez mais uma vantagem competitiva perante a concorrência.

Se por um lado ter uma vantagem competitiva perante a concorrência é importante, o compromisso com a sustentabilidade ambiental assume nos dias de hoje uma importância fundamental.

A industrialização massiva verificada ao longo das últimas décadas, levou a que os desperdícios existentes na produção aumentassem abruptamente.

O aumento significativo da produção de desperdícios e emissões levou a que a preocupação com o ambiente se tornasse uma necessidade.

O enraizamento desta cultura ambiental levou a que as organizações comesçassem a aplicar *Lean* e *Green* nos seus processos produtivos. Esta cultura levou à necessidade de ferramentas que a suportassem.

O VSM surge como a ferramenta ideal para a visualização do sistema produtivo e identificação de desperdícios. Sendo uma ferramenta *Lean* capaz de mapear fluxos de informação e de materiais ao longo dos processos, apresenta uma grande vantagem face às restantes ferramentas *Lean*. O VSM foi também até aos dias de hoje a única ferramenta capaz de combinar os fatores económicos e ambientais num só mapa com sucesso, surgindo assim como uma ferramenta ideal para o combate aos dois tipos de desperdícios.

A empresa escolhida para elaboração do caso de estudo é uma das melhores empresas mundiais na produção de máquinas de transformação de chapa do tipo quinadoras, guilhotinas e *lasers*.

A produção destes equipamentos obriga a grandes consumos de recursos, bem como dispendios de energia e emissões significativos.

Os processos de iluminação, decapagem, soldadura, pintura e maquinagem, destacam-se pelos elevados consumos associados.

Grandes consumos implicam vulgarmente grandes desperdícios, pelo que existe uma grande oportunidade para a aplicação da extensão do VSM às questões energéticas e ambientais, apresentando um grande potencial para sugestão de melhorias que tornem o seu sistema produtivo mais eficiente e sustentável.

1.2 - Objetivo e metodologia

O estudo da ferramenta VSM e da sua extensão aos fatores energéticos e ambientais foi realizado como base para a sua aplicação num caso de estudo.

O objetivo fundamental deste trabalho foi a extensão da ferramenta VSM, uma ferramenta largamente utilizada, mas no entanto pouco explorada no que toca aos fatores ambientais.

O intuito deste trabalho é o estudo da ferramenta VSM e análise das suas lacunas relativamente ao mapeamento dos fatores ambientais, para uma posterior elaboração de uma proposta mais eficiente da extensão do VSM a esses mesmos fatores ambientais.

Pretendeu-se com este trabalho, conseguir uma extensão da ferramenta VSM capaz de ser aplicada em contexto real para análise de desperdícios económicos e ambientais.

A aplicação em contexto real visou o levantamento da informação relativa ao sistema produtivo de uma empresa de bens de equipamento e melhoria das informações relativas aos seus processos, particularmente no que respeita à informação ambiental associada à sua produção, uma vez que se encontram parcialmente desatualizadas ou são mesmo inexistentes.

Os objetivos propostos para este trabalho foram os seguintes:

- Elaboração de uma proposta de extensão do VSM aos fatores energéticos e ambientais.
- Aplicação em contexto real através do levantamento, compreensão e análise dos processos associados à produção da quinadora PM Guimadira 13530;
- Elaboração do mapa de estado atual em termos económicos e ambientais para a família de produtos escolhida;
- Análise dos desperdícios existentes no sistema produtivo e sugestão de melhorias nos processos através de recurso a ferramentas *Lean*;
- Elaboração de um mapa de estado futuro para a quinadora PM Guimadira 13530 com as melhorias sugeridas;

- Identificação dos impactos económicos e ambientais decorrentes das melhorias propostas;

1.3 - Estrutura do documento

O presente documento encontra-se estruturado num total de seis capítulos:

1. Introdução
2. Estado da arte
3. *Lean e Green*
4. Caso de estudo
5. Melhorias e mapa de estado futuro
6. Conclusões e trabalhos futuros

O capítulo 1 apresenta uma contextualização do trabalho desenvolvido e os motivos que suportam a sua realização.

O capítulo 2 aborda o pensamento *Lean* e a sua evolução. Neste capítulo são abordados os desperdícios existentes nos sistemas produtivos e as ferramentas *Lean* de combate a esses mesmos desperdícios, com especial atenção para o VSM, por ser a ferramenta estudada ao longo desta dissertação e aplicada no caso de estudo do capítulo 4.

Seguidamente, no capítulo 3, é feita a apresentação da necessidade da incorporação dos *fatores* ambientais na produção. Neste capítulo é apresentada a filosofia *Lean e Green* e a necessidade da extensão do VSM aos fatores energéticos e ambientais, bem como um conjunto de dicas para a sua implementação.

No caso de estudo abordado no capítulo 4, é apresentado e analisado o sistema produtivo da empresa em termos económicos e ambientais, relativamente à produção da estrutura da quinadora PM13530 e acessórios.

O capítulo 5 apresenta um conjunto de sugestões de melhoria bem como os impactos económicos e ambientais esperados com essas medidas.

Para finalizar, no capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões retiradas com este trabalho e é efetuado um levantamento de perspetivas de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Estado da Arte

O estado da arte apresenta os termos e conceitos importantes para a compreensão do trabalho desenvolvido.

O capítulo começa por abordar a evolução do conceito *Lean* através do conceito *Toyota*, os desperdícios mais frequentemente encontrados nos sistemas de produção, bem como as ferramentas *Lean* de combate ao desperdício.

Sendo o VSM a temática da dissertação, a ferramenta será abordada e avaliada em detalhe. Neste capítulo serão igualmente apresentadas as etapas a seguir para a elaboração de um bom mapa.

2.1 - A evolução do *Lean*

As exigências cada vez maiores dos clientes face à qualidade, preço e prazos de entrega de produtos, levaram a que as empresas procurem cada vez mais uma vantagem competitiva face à concorrência. A manufatura *Lean* surge como um suporte para os problemas existentes.

Praticar *Lean* significa entender o que é valor para o cliente e focar os seus processos-chave no aumento desse valor. O objetivo é fornecer o valor ideal para o cliente através de um processo perfeito de criação de valor totalmente sem desperdícios [1].

O conceito *Lean* foi abordado pela primeira vez na década de 90 por Womack, Jones e Roos através do livro “*The machine that changed the world*”. O livro aborda o *Toyota Production System* seguido pela *Toyota Motor Company*, uma empresa do setor automóvel.

O TPS viria a tornar-se no pilar para o sistema de manufatura *Lean*.

A história da Toyota remonta a 1919 quando a família Toyoda operava no setor têxtil. As diversas dificuldades passadas por estes levariam a que tivessem que trocar o setor têxtil pela produção de automóveis aquando da fundação da *Toyota Motor Company* em 1937. Com o início da II Guerra Mundial, devido a pressões do governo militar japonês a Toyota passou a produzir camiões militares para o exército.

Só após a Guerra a Toyota voltou para o setor automóvel. Através da implementação das suas metodologias veio a tornar-se uma marca competitiva tal como a conhecemos na atualidade.

A *Toyota* apresentava-se com problemas de competitividade relacionados com a fraca situação económica do Japão no pós-guerra, o que levou a que a *Toyota* não conseguisse competir com empresas como a *Ford* no mercado internacional. Em meados do ano 1950, Eiji Toyoda visitou a fábrica da *Ford* com o intuito de analisar qual o modelo utilizado por estes [2].

Toyoda estudou cuidadosamente o modelo de produção *Ford* que fabricava 7000 automóveis por dia enquanto a *Toyota* até 1950 tinha apenas fabricado 2685 [3].

Após o regresso do seu estudo, em colaboração com Taichii Ohno repensaram o sistema produtivo da *Toyota*, o que levaria à origem do *Toyota Production System*.

Taichi Ohno, gestor de produção da *Toyota*, devido a todas estas necessidades descobriu novos métodos que viriam a servir de base ao modelo de produção *Lean*.

Ohno procedeu à reorganização da maquinaria, através da melhoria do processo produtivo, contribuindo assim para a diminuição significativa dos tempos de *setup*, para a redução do número de máquinas necessárias na produção. Este reduziu também o inventário e o custo de inventário, bem como o tempo desperdiçado em transporte, aumentando ainda a qualidade da produção e reduzindo o retrabalho. Ohno otimizou ainda os processos e procedimentos através da eliminação dos desperdícios. Para Ohno a abordagem a tomar devia ser focada no cliente, ou seja, o cliente devia pagar o preço da qualidade que recebia, devendo tudo o que não acrescentasse valor para o cliente ser eliminado do sistema produtivo [2].

Liker afirma no seu livro que quando se diminuem os *lead times* e se foca em manter as linhas de produção flexíveis, se obtém uma maior qualidade, uma maior capacidade de resposta ao cliente, uma melhor produtividade, bem como uma melhor utilização de equipamentos e espaço [4].

Após o estudo da produção em massa, Ohno compreendeu que há custos excessivos de material, esforço e *lead times* pelo qual os clientes não estão dispostos a pagar, visto não representarem qualquer valor acrescentado.

Ohno formou equipas de trabalho com um líder por equipa em vez do trabalho supervisionado que até aí existia.

Qualquer inconformidade encontrada no sistema produtivo devia ser eliminada antes que qualquer outra pudesse surgir. Quando era encontrada uma peça defeituosa, o sistema produtivo era parado até que fosse descoberta a sua causa, o que levou a que num curto prazo de tempo a taxa de retrabalho e o número de inconformidades descesse para um valor praticamente nulo, contribuindo assim significativamente para um aumento das receitas [5].

O TPS permitiu à *Toyota* desenvolver veículos de alta qualidade, mais rapidamente, com custos inferiores aos seus concorrentes, e taxas de lucro muito superiores.

2.1.1 - Princípios do TPS

O TPS tem um conjunto de princípios que são tidos em conta ao longo do sistema produtivo. Os princípios assentam na melhoria contínua e no respeito pelas pessoas.

A *Toyota* estabeleceu uma visão a longo prazo trabalhando na melhoria contínua e no estabelecimento de novos desafios e metas, sempre focados na origem dos problemas, mas sem nunca descorar o respeito pelas pessoas, fomentando o trabalho em equipa.

Este conjunto de princípios têm a designação de *Toyota Way* e segundo Silva baseiam-se numa metodologia dos 4 P's [6]:

Philosophy - Base das decisões estratégicas em filosofias de longo prazo, em detrimento de ganhos financeiros imediatos;

Process - Foco na eliminação de desperdícios, definindo fluxos contínuos, sistemas *pull*, *heyjunka*, *jidoka*, standardização do trabalho e gestão visual, na perspectiva da cadeia de valor;

People - Desenvolver chefias que vivam, respeitem e promovam a filosofia, desenvolvendo e desafiando as pessoas, equipas e fornecedores, por forma a criar políticas de liderança e passagem de conhecimento e experiência entre as pessoas, tendo em vista a melhoria;

*Problem Solving - Kaizen*³, tomar decisões baseadas em factos e observações no local de trabalho, através de consensos: planejar exaustivamente, considerando todos os contextos, procedendo a uma rápida implementação. Deve existir a compreensão dos detalhes dos processos, na busca contínua da raiz dos problemas bem como a melhoria e aprendizagem contínua, tendo em vista a excelência organizacional.

Estas medidas obtiveram resultados e repercussão nas receitas conseguidas pela Toyota.

Na figura 2.1 podemos verificar a evolução das receitas líquidas conseguidas pela Toyota, através da implementação da sua metodologia

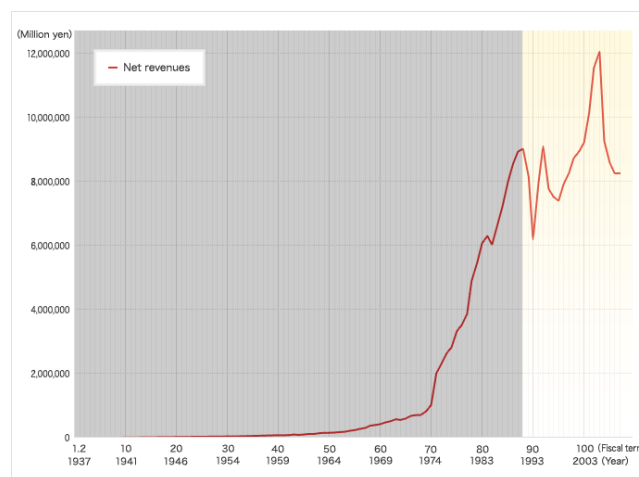


Figura 2.1 - Evolução das receitas líquidas da Toyota na indústria automóvel [44]

Como podemos observar na figura 2.1, após a implementação dessas medidas, as receitas cresceram exponencialmente.

As medidas introduzidas por Taichii Ohno consistiam no ajustamento e simplificação dos processos de trabalho, melhoria da eficiência dos materiais e mão-de-obra, unindo esforços com o intuito de eliminar o *mura*, *muda* e *muri* para reduzir os custos associados à produção e aumentar a eficiência do processo produtivo.

Estes três conceitos mencionados remetem para o desperdício, e como tal, devem ser eliminados.

Considera-se desperdício qualquer atividade que consuma recursos e não crie valor.

³ *Kaizen* - Melhoria contínua

Mura - Irregularidade e variabilidade numa operação;
Muri - Dificuldade e esforço que resultam na sobrecarga de operadores e equipamentos;
Muda - Qualquer atividade que consuma recursos e pelo qual o cliente não esteja disposto a pagar [7];

Se existem recursos que estão a ser consumidos e pelo qual o cliente não está disposto a pagar, então representam desperdícios e devem ser eliminados.

2.2 - Os 8 desperdícios

Os desperdícios apresentam diversas formas, como material, peças, esforço humano, tempo, equipamento, etc. e podem existir em qualquer lugar, em qualquer momento [8].

Na atualidade, em termos económicos são considerados oito tipos de desperdício.

2.2.1 - Sobreprodução

A sobreprodução consiste na produção excessiva, preparação de produtos que não foram pedidos pelos clientes ou antes de estes serem necessários e representa um desperdício extremamente custoso.

A sobreprodução é um desperdício fundamental, pois contribui para todos os outros desperdícios [9].

Uma forma de combater a sobreprodução é programar e produzir apenas o que pode ser imediatamente vendido.

2.2.2 - Espera

Existe espera de materias, produtos, informação, equipamentos etc. Este desperdício ocorre sempre que haja uma interrupção no fluxo de produção causado pelo atraso de uma ou mais atividades. Sempre que um produto não se encontra a ser processado, ou em movimento, este desperdício ocorre.

A espera ocorre mais frequentemente quando o fluxo de materiais é pobre, o ciclo de produção é demasiado longo, ou existe uma longa distância entre centros de trabalho [6].

2.2.3 - Transporte desnecessário

O transporte de produtos ou informação entre processos é uma ação custosa que não acrescenta valor para o cliente.

Idealmente a produção deveria ser sequencial, onde o processo anterior alimentaria o processo seguinte, num fluxo contínuo ao longo de toda a cadeia de valor.

Por vezes esse fluxo não é possível, pelo que se verificam transportes desnecessários que resultam em custos de valor não acrescentado.

2.2.4 - Sobreprocessamento

Todos os esforços desnecessários, quer em termos de maquinaria, quer em termos humanos representam formas de sobreprocessamento.

Muitas das vezes a causa do sobreprocessamento é o trabalho excessivo dos materiais para fornecer aos produtos uma qualidade superior do que aquela que é exigida.

O VSM é a ferramenta mais adequada para combater o sobreprocessamento, na medida em que mapeia os processos do sistema produtivo, levando à identificação do desperdício existente.

2.2.5 - Inventário desnecessário

O excesso de inventário é um resultado direto da sobreprodução. A acumulação excessiva de *stocks* é uma prática muito recorrente na grande maioria das unidades fabris. Esta má prática leva a consumos excessivos de espaço de armazenamento, consumindo recursos que não são convertidos em receitas.

O excesso de inventário leva ao aumento dos tempos de entrega, existência de produtos danificados, atrasa a identificação de problemas, e causa custos de transporte e armazenamento [9].

2.2.6 - Movimentos desnecessários

Os movimentos desnecessários realizados pelos operários, como é o caso de movimentos para empilhamento de materiais, para procurar ferramentas, ou as movimentações pela unidade fabril são exemplos deste tipo de desperdício. Este desperdício ocorre vulgarmente quando se verifica um mau *workflow* dos produtos, um pobre *layout* das instalações ou maus métodos de trabalho. Um melhor *layout*, bem como a aplicação dos 5's representam formas eficientes de combate a este desperdício.

2.2.7 - Defeitos

A existência de produtos com inconformidades leva à necessidade de retrabalho e perda de capacidade produtiva. Este tipo de defeito tem um custo significativo quando comparado com o custo total da produção. A melhoria dos processos e o maior envolvimento dos funcionários pode contribuir para a redução de defeitos, e consequentemente do retrabalho, implicando uma redução significativa de custos.

2.2.8 - Potencial humano desaproveitado

Recentemente apenas eram considerados sete desperdícios, no entanto o potencial humano desaproveitado, ou seja, a não utilização das máximas capacidades dos funcionários, surge como um desperdício para além dos sete desperdícios inicialmente considerados no *Toyota Production System*.

Para Liker este desperdício pode causar perdas de tempo, ideias, capacidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem [9].

As causas mais comuns para este tipo de desperdício são a própria cultura organizacional, práticas de contratação inadequadas, baixo investimento em formação e salários baixos dos operários [10].

2.2.9 - Consequências dos 8 desperdícios

Os oito desperdícios encontram-se com alguma frequência na manufatura, no entanto por vezes é difícil compreender quais são as suas consequências.

A tabela 2.1 apresenta uma síntese das consequências associadas a cada tipo de desperdício [11].

Tabela 2.1 - Consequências dos 8 desperdícios

Desperdício	Consequências
Sobreprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação de meios de transporte e armazenamento; • <i>Stocks</i> elevados; • Consumo desnecessário de matérias-primas; • Fraco fluxo de materiais e informação; • Produção antes da solicitação do cliente;
Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Avarias de equipamentos; • <i>Longos changeover e lead times</i>; • <i>Layout</i> ineficiente; • Falta de matérias-primas; • Existência de processos <i>bottleneck</i>; • Espera por dados, respostas, especificações, resultados de testes, decisões, etc;
Transporte desnecessário	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupções na produção; • Necessidade de transporte de materiais, peças e produtos entre processos; • Armazenamento intermédio; • Desperdício de capital, tempo e energia; • Comunicação deficiente entre pessoas;
Sobre-processamento	<ul style="list-style-type: none"> • Produções com qualidade acima do exigido pelo cliente; • Instruções de trabalho pouco claras; • Requisitos do cliente não definidos;
Inventário desnecessário	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização excessiva de equipamentos e matérias-primas e espaço de armazenamento; • Existência de produtos fora da gama; • Custos excessivos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente; • <i>Stock</i> de matérias-primas e produtos acabados superior ao que o mercado consegue absorver; • Existência de <i>stock</i> desnecessário entre operações;
Movimentos desnecessários	<ul style="list-style-type: none"> • Disposição incorreta de matérias-primas e equipamentos; • Más práticas de trabalho; • Desorganização do ambiente de trabalho; • Busca de informações;

Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado custo por unidade de produto; • Necessidade de retrabalho; • Rejeição de produtos por parte dos clientes; • Produtos danificados devido ao transporte;
Potencial humano desaproveitado	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cooperação na melhoria contínua • Falta de formação dos funcionários • Má definição da responsabilidade e direitos das pessoas

2.3 - *Lean Thinking*

Como mencionado anteriormente, o pensamento *Lean* visa a minimização da produção de desperdícios com o intuito de criar o máximo de valor para o cliente.

Este pensamento procura estabilidade de pessoas, métodos e processos, baseando-se na melhoria contínua e eliminação do desperdício. Os pilares do *Lean Thinking* são o JIT⁴ e o Jidoka⁵.

O pensamento *Lean* assenta em cinco princípios fundamentais:

- Valor, fluxo de valor, fluxo, sistema *pull* e procurar a perfeição;

O valor deve ser definido da perspetiva do cliente final, em termos de especificação do produto, com capacidades específicas, oferecidas a um preço e tempo específicos.

Este valor consiste nas características de um produto ou serviço que satisfazem as necessidades do cliente, e pelo qual este está disposto a pagar.

Após o valor estar identificado a cadeia de valor deve ser identificada, ou seja, deve ser identificado o conjunto de todas as atividades de um produto específico desde a concepção à entrega. Por outras palavras, devem ser identificadas todas as atividades que vão acrescentar valor ao produto desde que este chega sob a forma de matéria-prima por parte dos fornecedores, até que este é vendido ao cliente sob a forma de um produto.

O fluxo de valor é o conjunto de todas as atividades e ações executadas para satisfazer as necessidades do cliente. Por outras palavras, é o conjunto de atividades seguidas, sem interrupção desde a obtenção da matéria-prima até à concepção do produto final, sejam elas de valor acrescentado, ou de valor não acrescentado.

Vulgarmente na manufatura o tempo de valor acrescentado apresenta valores muito reduzidos. É alarmante o facto de vulgarmente o tempo efetivo de valor acrescentado apresentar valores reduzidos na ordem dos 5 a 20% [3].

A cadeia de valor deve ser o mais fluída possível. A produção deve ser contínua no acréscimo de valor, sem esperas, inatividade ou desperdícios ao longo das etapas. A cadeia de valor não deve ter qualquer interrupção, e os materiais devem fluir de processo em

⁴ Jidoka - Consiste em dar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processo sempre que se verificar alguma anormalidade.

⁵ JIT - Consiste em produzir, transportar e comprar o que é necessário, só no momento em que é preciso.

processo sem a necessidade de transporte ou armazenamento, eliminando-se assim desperdícios, e trazendo os problemas existentes à superfície.

O pensamento *Lean* pressupõe a existência de sistemas do tipo *pull*, que consiste em produzir apenas o que o cliente quer e quando o cliente precisa, evitando assim a acumulação de *stocks* típicos dos sistemas de produção do tipo *push*. A etapa anterior vai apenas produzir um componente quando a seguinte assim o exigir. Este princípio contribui em grande escala para a redução dos desperdícios e tempos de produção.

O pensamento *Lean* centra as suas atenções na perfeição. A perfeição consiste em produzir o que o cliente quer, no exato momento em que o cliente necessita, com zero desperdícios [5].

Para atingir a perfeição, o valor deve ser especificado, a cadeia de valor deve ser identificada, o fluxo e a produção *pull* devem ser introduzidos, e as etapas que não criam valor devem ser eliminadas até existirem zero desperdícios.

2.3.1 - Ferramentas Lean

Na atualidade a competitividade é elevada, existe a necessidade de produzir mais rapidamente e a um preço mais baixo, com o intuito de ganhar cota de mercado.

A aplicação de práticas *Lean* para eliminação de desperdício dá uma vantagem competitiva perante a concorrência.

Existem diversas ferramentas *Lean* usadas na melhoria de processos e combate ao desperdício. O VSM⁶, uma dessas ferramentas, destaca-se pelo facto de ser o ponto de partida para implementação das restantes ferramentas, na medida em que permite mapear os processos, contribuindo para a identificação dos desperdícios existentes.

As ferramentas *Lean* contribuem para diversas melhorias nos sistemas produtivos tais como [13]:

- Aumentos de 20 a 30% na produtividade;
- Redução de 50 a 70% nos stocks existentes;
- Redução de 50 a 70% no refugo;
- Redução de 30 a 40% da área de trabalho utilizada;

Serão de seguida apresentadas algumas das ferramentas *Lean* mais utilizadas na melhoria de processos e combate ao desperdício.

2.3.1.1 - SMED

A produção de produtos da forma *every part every day*, ou seja, produzir todos os dias, de todo o tipo de produtos, de forma a conseguir responder às necessidades diversificadas dos clientes, exige vulgarmente a troca de ferramentas entre produtos produzidos.

⁶ O VSM será abordado em detalhe na secção 2.4 do documento.

O *SMED*, ou *Single Minute Exchange of Die* é uma ferramenta desenvolvida por Shingo, que consiste na troca de ferramentas em tempos inferiores a 2 dígitos, ou seja, tempos de preparação inferiores a dez minutos [13].

O *SMED* apresenta diversas vantagens como:

- Melhoria na adaptação à flutuação da procura
- Aumento da produtividade
- Redução do desperdício e re-trabalho
- Redução de *lead times* e tamanho dos lotes

2.3.1.2 - *Poka -Yoke*

O *Poka-Yoke* é uma ferramenta que visa evitar que os erros se transformem em defeitos, tanto na produção, como na utilização dos produtos.

Este princípio foi avançado por Shingo com base no sistema de produção Toyota de melhoria sem custo. Esta ferramenta pretende que desde o projeto até à implementação dos dispositivos, os erros não se tornem defeitos, através da eliminação das suas causas, reduzindo-se assim nos custos de avaliação e controlo de qualidade que não acrescentem valor para o cliente. Por outras palavras, pode ser definido como a criação de meios para afastar a falta de qualidade por falhas humanas. No *Poka-Yoke* as causas dos erros são combatidas pelos dispositivos implementados, ou seja, são implementadas funcionalidades que evitem erros que possam levar a avarias ou acidentes.

2.3.1.3 - 5S

O 5S surgiu no Japão, e tem como intuito manter a ordem, tendo especial atenção ao posto de trabalho. Esta metodologia visa a melhoria das condições do posto de trabalho através de técnicas de organização e gestão visual.

O 5S, tem por base o *Kaizen* e é uma metodologia simples que permite melhorias significativas em vários aspetos como:

- Redução do desperdício
- Redução do número de acidentes de trabalho
- Redução da quantidade de defeitos verificada
- Redução da quantidade de reclamações recebidas
- Redução do tempo de atendimento dos clientes
- Aumento dos lucros

Com base nos cinco princípios abaixo descritos, consegue-se uma melhoria na qualidade, uma libertação de espaço, limpeza do posto de trabalho, etc.

Seiri - Consiste na avaliação do que é ou não útil, por forma a manter no local de trabalho apenas os materiais e ferramentas estritamente necessários.

Seiton - Consiste na organização de todos os materiais úteis que permanecem no posto de trabalho. Esta organização consiste no agrupamento dos elementos por categoria.

Seiso - Esta etapa consiste na limpeza da área de trabalho. A limpeza da área de trabalho proporciona aos funcionários um melhor ambiente de trabalho e satisfação. Devem existir normas de limpeza em cada posto de trabalho.

Seiketsu - Nesta etapa pretende-se fazer com que as três etapas anteriores sejam mantidas. Para tal, procede-se à marcação das áreas onde deve estar cada elemento, recorrendo a uma organização visualmente apelativa para que esta organização já conseguida seja mantida.

Shitsuke - Esta última etapa consiste na autodisciplina e criação de hábitos de estabelecimento de padrões, por forma a garantir a sustentabilidade dos 5S. Com esta quinta etapa pretende-se melhorar hábitos de trabalho, através da participação ativa de todas as pessoas [7].

2.3.1.4 - *Just in Time*

Como mencionado anteriormente, *JIT* significa fazer apenas o que é necessário, quando é necessário, e na quantidade necessária, ou seja, ligar as atividades de produção à procura real do mercado. Esta metodologia surgiu nos U.S.A. por mão da *Ford Motor Company*.

A produção *JIT* requer a realização de um plano, por forma a eliminar desperdícios e inconsistências, attingir uma maior produtividade.

Este modo de produção exige que a produção seja do tipo *pull*, onde as encomendas do cliente despoletam a produção, ou seja, onde nenhum processo a montante é executado sem que o processo a jusante o requirite. Há que salientar no entanto que mudanças de um sistema *push* para um sistema *pull* nem sempre são rápidas e fáceis.

O *JIT* permite responder ao mercado rapidamente e com uma excelente relação custo-benefício. Esta metodologia apresenta diversas vantagens como a redução dos custos associados ao *stock*, na medida em que apenas se mantêm as quantidades de *stock* estritamente necessárias, eliminação do desperdício, minimização dos custos de re-trabalho devido à produção com qualidade à primeira, produtos de alta qualidade e com maior eficiência, eliminação da sobreprodução e relação mais próxima com o cliente.

Apesar das vantagens significativas, este tipo de produção apresenta também diversas desvantagens como o facto da intolerância a erros, o facto de causar alta dependência dos fornecedores, levar a que os custos por transação sejam relativamente altos e que sejam criados alguns efeitos negativos no ambiente devido à necessidade constante de entregas por parte dos fornecedores.

A produção *JIT* apresenta um conjunto simples de regras base:

- Zero defeitos
- Zero Stocks
- Tempo de *setup* de zero
- Tempo de espera Zero
- Zero avarias
- Tamanho de lote de um

Estas regras baseiam-se em quatro princípios: *Heijunka*⁷, eliminação de desperdício, *takt time*⁸ e *Kanban* [14] [15] [16].

2.3.1.5 - Controlo de fluxo por *Kanban*

O conceito de *Kanban* surgiu com o intuito de visualizar o fluxo de trabalho, regular internamente as flutuações da procura e o volume de produção, medir o *lead time*, e limitar o *WIP*, produzindo apenas o que é preciso, à medida que é preciso.

A sua origem é japonesa e significa cartão ou registo visível.

O *kanban* é uma das variantes mais conhecidas do *JIT*, e permite através da gestão visual, fornecer indicações intuitivas sobre o fluxo de materiais, informação e recursos aos operadores de forma a atingir a produção *JIT*. Para que o *Kanban* seja bem sucedido deve utilizar-se uma produção do tipo *pull*, ou seja, onde os produtos são puxados de operação em operação em resposta às encomendas dos clientes.

Dos vários tipos de *kanban* existentes, os dois mais frequentes são os seguintes:

Kanban de Produção - A ordem de produção deve ser dada por um *Kanban*.

Kanban de Transporte - Os transportes de materiais são efetuados a partir da indicação de um *Kanban*.

A Implementação de controlo de fluxo por *Kanban* facilita o fluxo de informação ao longo da organização, bem como contribui para redução de *lead times*, sobreprodução, inventários e do tempo de resposta à flutuação da procura.

2.3.1.6 - *Layouts* adequados

Um *layout* consiste na solução usada para a distribuição dos recursos de uma organização pelo espaço da mesma.

O *layout* escolhido deve ser adequado ao tipo de produção realizada. A má escolha do *layout* pode causar a existência excessiva de desperdícios.

Dentro dos *layouts* existentes vão ser considerados quatro tipos:

Layout de posição fixa - O produto está fixo enquanto que os funcionários, maquinaria ou equipamento se movem em torno desse mesmo produto. Vulgarmente estes layouts são usados quando os produtos a produzir são de elevado porte, como no caso da indústria aeronáutica.

⁷ Heijunka - Conceito relacionado com o nivelamento da produção, através do sequenciamento de pedidos. O heijunka estabiliza o fluxo de valor apesar da instabilidade da procura.

⁸ Takt time - Taxa a que o cliente compra um produto, calculada dividindo o tempo disponível de produção pela procura do cliente

Layout Funcional - A produção é efetuada em série, e as máquinas são agrupadas consoante o tipo de operação a realizar, o que concede um maior controlo na operação de produtos de alta precisão. Este tipo de *layout* é usado na produção por encomenda. O *layout* funcional exige uma mão-de-obra altamente qualificada, uma procura altamente flutuante, uma produção descontínua e uma enorme flexibilidade.

Layout em linha - Neste tipo de *layout*, também vulgarmente conhecido como *layout* por processo, a organização dos equipamentos é aquela que for mais positiva para o produto, ou seja, onde os equipamentos estão implantados consoante a ordem de gama operatória. Este tipo de *layout* é ideal para produção para *stock*, procura estável e em massa. A sua principal vantagem é a alta eficiência.

Layout em célula - Todos os recursos necessários à produção são alocados nas células. Apresenta um compromisso entre a implementação em linha e a implementação funcional, onde os equipamentos são agrupados para construir maioritariamente uma família de componentes. Isto leva a vantagens como redução do tempo de movimentação de materiais, redução dos tempos de preparação, diminuição considerável do WIP e utilização eficiente dos recursos humanos.

O *layout* a utilizar deve ser escolhido e pensado consoante o tipo de produção que se deseja, para assim reduzir os desperdícios existentes na produção [7] [17].

2.3.2 - Riscos de Implementação *Lean*

A implementação de *Lean* exige empenho e envolvimento de todas as pessoas da organização.

Por vezes existe a resistência à mudança por desconfiança, hábitos ou culturas dos operários. Há pessoas que resistem à mudança, pelo facto de sempre terem coabitado com uma produção tradicional, por se mostrarem desconfiados face à implementação, e por acharem que a dificuldade que a implementação implica não trará qualquer vantagem.

Por outro lado há pessoas resistentes à mudança que vêem a aplicação de *Lean* como uma ameaça ao seu trabalho, pelo receio que a melhoria possa implicar a sua não necessidade.

2.4 - VSM

Apesar de descritos os desperdícios existentes, existe também a necessidade de compreender a cadeia de valor, por forma descobrir quais as fontes desses desperdícios.

O VSM é uma ferramenta extremamente útil neste âmbito, na medida em que tem sido largamente usada. Esta ferramenta permite compreender o fluxo global e assim compreender as causas dos desperdícios, para que estas possam ser eliminadas. O VSM permite visualizar as atividades que acrescentam valor para o cliente e as que não acrescentam qualquer valor e que devem ser eliminadas.

Esta ferramenta *Lean* foi proposta por Rother e Shook (1998), tendo sido baseada numa outra - Análise do Fluxo de Valor [6].

Desde cedo Shingo distinguiu a diferença entre operações e processos, e concluiu que erradamente, grande parte do esforço era gasto na melhoria das operações, e que este devia ser aplicado na melhoria dos processos.

Existe assim a necessidade de ferramentas que suportem esse redesenho de processos para os sistemas de manufatura. O VSM surge como uma ferramenta útil neste âmbito, visto que cobre objetivos e graus de conclusão de projeto que as outras ferramentas *Lean* não cobrem. O VSM pode ser definido como um método funcional desenhado para reorganizar os sistemas de produção com uma visão *Lean*, tendo em conta fluxos de pessoas, processos e informação [18] [5].

O VSM surge como a única ferramenta *Lean* que consegue mapear dois desses fluxos, o fluxo de informação e o fluxo de material.

Na atualidade as empresas de manufatura necessitam de redefinir e redesenhar os seus sistemas de produção para enfrentar a competitividade exigida pelos desafios dos mercados atuais.

O objetivo do VSM é identificar, demonstrar e diminuir o desperdício existente nos processos.

Esta ferramenta é o primeiro passo para a criação de uma estratégia *Lean* para uma empresa e é agora utilizada em todo o mundo em diversas organizações, servindo como ponto de partida para qualquer transformação e implementação *Lean*.

O VSM cria uma linguagem comum para o processo de produção, facilitando assim decisões melhor pensadas com o intuito de melhorar o fluxo de valor, contribuindo assim para diminuir os resíduos e melhorar a produtividade [19].

O fluxo de valor refere-se a todas as atividades e processos de uma empresa, tudo o se deve ser feito com o fim de desenhar, produzir e entregar os produtos ao cliente [20].

Compreender o fluxo de valor interno é extremamente importante por forma a satisfazer as necessidades do cliente e melhorar a eficiência do fluxo de valor.

O VSM significa representar a cadeia de valor em termos de símbolos e números, por forma a compreender inteiramente a transformação de matérias-primas em bens acabados [21].

No ponto de vista da cadeia de valor, usar o VSM significa trabalhar na *big picture*, com o intuito de melhorar o sistema produtivo na globalidade em detrimento de melhorias individuais de processos [18].

A cadeia de valor consiste em todas as atividades, quer sejam de valor acrescentado ou de valor não acrescentado, necessárias para a criação de um produto que satisfaça as necessidades do cliente.

Por outras palavras consiste em todas as atividades e fluxos que decorrem no sistema produtivo desde que um cliente efetua um pedido até que esse pedido é satisfeito.

A figura 2.2 esquematiza a cadeia de valor de uma organização.

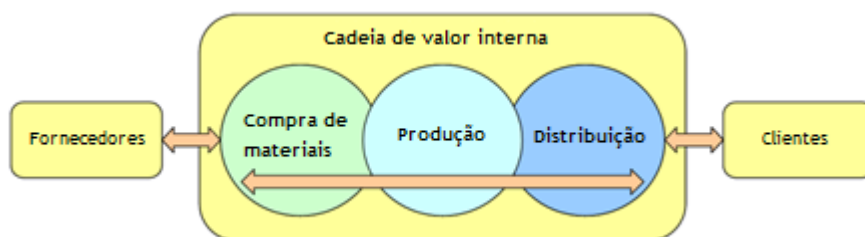


Figura 2.2 - Esquema ilustrativo de uma cadeia de valor

2.4.1 - Necessidade do VSM

Existe a necessidade de ferramentas que suportem o redesenho de processos. O VSM surge como uma ferramenta útil nesse âmbito. O VSM apresenta uma extrema utilidade na medida em que permite distinguir o que são atividades de valor acrescentado e atividades de valor não acrescentado, permitindo assim visualizar o nível de desperdício existente e que deve ser eliminado. Através da ferramenta consegue-se visualizar toda a linha de produção e identificar os desperdícios no *value stream*. Isto permite uma melhoria do fluxo de informação e de material da linha de produção.

O VSM surge assim como a base para implementação de conceitos *Lean* numa organização, sendo um ponto de partida para a aplicação de melhorias no sistema produtivo.

A ferramenta integra conceitos e técnicas *Lean*, representando assim uma linguagem geral sobre todo o processo produtivo e assumindo um papel de destaque entre todas as ferramentas Lean [5].

2.4.2 - Áreas de um VSM

O VSM apresenta ao longo da sua área, posições específicas para cada fluxo existente na cadeia de valor.

Manos sugeriu a divisão da cadeia de valor em cinco áreas:

1. Informação sobre o cliente no canto superior direito;
2. Informação sobre o fornecedor no canto superior esquerdo;
3. Fluxo de informação na parte superior do mapa;
4. Fluxo de materiais ou produtos na parte inferior do mapa
5. As calhas superiores e inferiores para o tempo de valor acrescentado e não acrescentado [22].

As cinco áreas de um VSM podem ser visualizadas na figura 2.3.

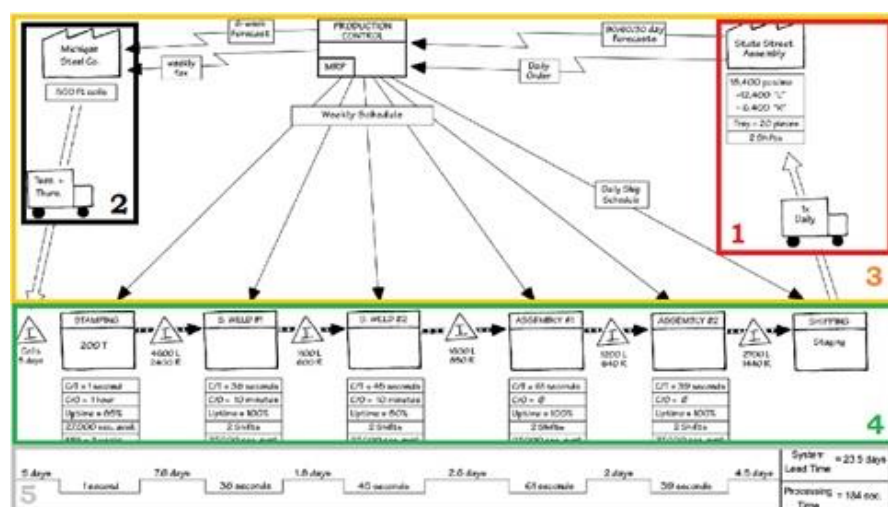


Figura 2.3 - Áreas de um mapa de fluxo de valor

2.4.3 - Objetos VSM

O VSM representa a cadeia de valor em termos de símbolos e números, com uma linguagem própria para as cinco áreas acima mencionadas.

O conjunto de todos estes objetos e formas visa evidenciar os fluxos de informação e materiais dentro de uma organização, bem como a relação entre esta e os seus fornecedores e clientes.

Os seus símbolos dividem-se em três tipos:

- Fluxo de materiais
- Fluxo de informação
- Ícones gerais

A compreensão destes mesmos ícones, bem como a sua utilidade e âmbito de utilização são um fator de grande importância para a compreensão do VSM.

Neste contexto, foi elaborada uma lista dos ícones mais usados, bem como um conjunto de notas sobre cada ícone que podem ser consultados no anexo A [18] [23].

2.4.4 - Elaboração de um VSM

O VSM apresenta uma grande utilidade na medida em que permite a obtenção de uma fotografia do estado atual do sistema produtivo. Deve no entanto ser tido em conta que apenas deve ser usado se o objetivo a melhoria dos processos previamente identificados no mapa de estado atual, visto permitir tomadas de decisão e servir de base para um plano de implementação. É pois, uma técnica imprescindível para a visualização do estado atual e construção futura do processo produtivo [24].

Como mencionado anteriormente a implementação da metodologia VSM engloba a elaboração de um mapa de estado atual e de um mapa de estado futuro no entanto o processo de elaboração desta metodologia contempla um conjunto de quatro etapas.

A figura 2.4 representa o conjunto das quatro etapas necessárias à implementação da metodologia.



Figura 2.4 - Etapas para a elaboração de um VSM

2.4.4.1 - Elaboração do mapa de estado atual

O mapa de estado actual representa a fotografia do funcionamento atual da organização, e serve como base à elaboração de um mapa de estado futuro com as melhorias identificadas.

Existe uma sequência de seis passos que deve ser seguida na elaboração de um estado atual de um VSM [21]:

2.4.4.1.1 - Seleção de uma família de produtos

Uma família é um grupo de produtos que têm gamas operatórias e tempos de processamento semelhantes e apresentam procuras semelhantes.

Para definir uma família de produtos deve ser tida em conta a maior semelhança dos processos, procura e tempo de ciclo, ou seja, produtos que partilhem a mesma linha de produção, que sejam procurados com o mesmo volume e frequência, e que tenham tempos de ciclo idênticos. O mapa de estado atual deve ser elaborado para produtos da mesma família, por forma a que o mapa seja simples e facilmente perceptível na sua análise.

A tabela 2.2 apresenta a análise e selecção de uma família de produtos, considerando as características acima mencionadas, onde demonstra os produtos 4, 5 e 6 como uma família de produtos.

Tabela 2.2 - Análise de processos e procura para seleção de uma família de produtos

Produto	Procura mensal (unidades)	Volume de procura (%)	Processo					
			A	B	C	D	E	F
1	20	2		X		X		x
2	40	4			x	X	x	
3	60	6	X			X	x	
4	230	23	X	X	x	X	x	x
5	250	25	X	X	x	X	x	x
6	400	40	X	X	x	X	x	x

2.4.4.1.2 - Definição de metas de melhoria

Após escolhida a família de produtos devem ser definidas as metas de melhoria, sejam elas reduzir custos, tempo de processamento ou simplesmente reduzir desperdícios. Só assim se vai conseguir criar um VSM de estado atual para implementação de melhorias, que origine um mapa de estado futuro sem os desperdícios previamente identificados.

2.4.4.1.3 - Criação de uma equipa para recolha de dados e mapeamento do fluxo escolhido

A elaboração do VSM obtém melhores resultados quando é feito em equipa num formato *Workshop*. Essa equipa deve ser multidisciplinar.

Quanto maior a multidisciplinaridade e a diversidade de proveniência das áreas melhor para a análise do processo produtivo.

Os elementos da equipa devem conhecer todos os fatores que envolvem a organização, como os seus clientes, fornecedores e normas de trabalho. Por outro lado os membros da equipa devem ter conhecimentos da ferramenta VSM e dos conceitos e técnicas *Lean*, por forma a conseguirem avaliar as atividades atuais e propor sugestões de melhoria.

2.4.4.1.4 - Recolha da informação no chão-de-fábrica

Nesta fase são recolhidos no terreno os dados relativos ao funcionamento da empresa, sejam eles recursos compartilhados, de transporte, operações, operadores, fornecedores,

inventário entre outros. Deve seguir-se toda a linha de produção da família de produtos previamente definida através do chão-de-fábrica, recolhendo todos os fluxos de materiais e informação de toda a cadeia de valor, começando desde a saída do produto finalizado até à entrada das matérias-primas.

Existem diversos dados que apresentam extrema importância para o mapeamento e que devem ser recolhidos:

- Tempo de ciclo - Tempo que decorre desde que uma peça entra para um processo, até que esse processo passa a peça para o processo seguinte;
- Tempo de *Changeover* - Tempo necessário para mudanças de equipamentos e maquinaria para a produção seguinte de um produto diferente;
- Tempo de atividade das máquinas - Tempo em que as máquinas estão efetivamente a produzir, em função do tempo total que inclui o tempo total de inatividade e o tempo que estas se encontram paradas para reparo;
- Número de operadores - Número de operadores a operar em cada etapa, o que cada operador está a fazer, e durante quanto tempo;
- Tempo útil de trabalho - Tempo total para produção, excluindo intervalos e tempos de paragem, reuniões e tempos de limpeza;
- Taxa de refugo - Taxa de produção com inconformidades em função da produção total;
- EPE - Produzir todos os dias de todos os tipos de peças, por forma a reduzir o inventário e diversificar a variedade deste;
- Número de variações de produto - Número de variações dos produtos face à qualidade padrão [18];
- *Lead time* - é o tempo que decorre desde que o cliente efetua um pedido, até que o produto é efetivamente entregue ao cliente, e a sua necessidade é satisfeita. O *lead time* pode também ser considerado como o tempo que demora a mover um componente desde que este chega a um processo até que esse processo o deixa pronto;
- Tempo de valor Acrescentado - Tempo em que se está a acrescentar valor ao produto ou componente e pelo qual o cliente está disposto a pagar;
- Tempo de valor não acrescentado - Tempo que está a ser ocupado com atividades que não estão a acrescentar valor ao produto ou componente e pelo qual o cliente não está disposto a pagar;
- Níveis de inventário em cada etapa ao longo de vários dias;
- O que fornece cada fornecedor e o que necessita cada cliente e respetivas frequências;

2.4.4.1.5 - Compreensão do fluxo de valor do ponto de vista do cliente

Nesta fase deve compreender-se o que é valor acrescentado para o cliente, o que o cliente está disposto a pagar, e perceber quando fazer as encomendas das matérias-primas a fornecedores visto que as encomendas por parte dos clientes são cada vez mais feitas próximas da data de entrega.

2.4.4.1.6- Desenho do mapa de estado atual

Após concluídas as etapas anteriores, surge a altura de desenhar o mapa de estado atual.

O mapa deve ser baseado unicamente na informação recolhida, através de lápis e papel. Com a evolução dos tempos começaram a surgir ferramentas informáticas com o intuito de auxiliar esse mapeamento, como o caso do eVSM que foi a ferramenta escolhida para a conversão dos mapas para formato eletrónico.

O mapa de estado atual representa a fotografia de toda a cadeia de valor no momento em que os dados são recolhidos, pelo que o momento em que os dados são recolhidos deve ser extremamente ponderado, para que o mapa represente a realidade da organização.

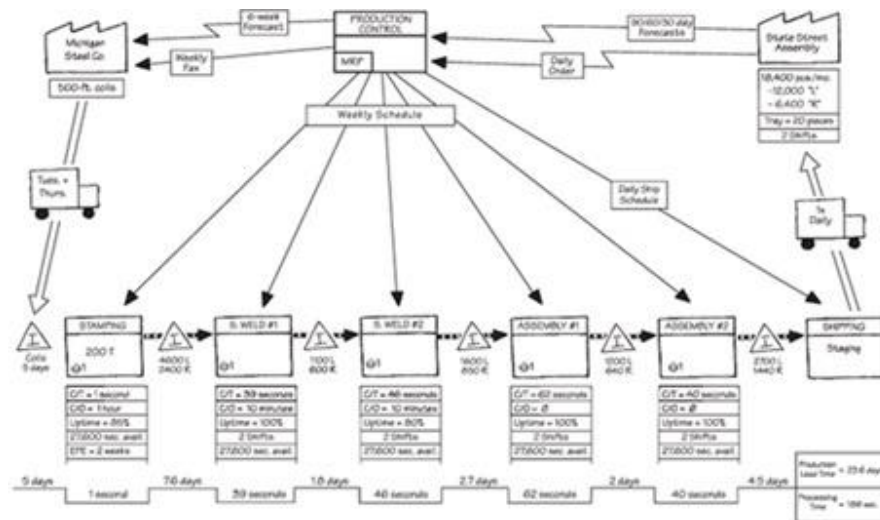


Figura 2.5 - Exemplo de um mapa de estado atual [19]

2.4.4.2 - Validação e teste do rigor dos dados

Os VSM's são mapas difíceis de validar pelo facto de serem calculados manualmente. No entanto a validação é necessária para confirmar a fiabilidade do modelo. Após a elaboração do VSM de estado atual surge a fase da validação. Nesta fase é compreendido o que efetivamente acontece na fábrica, ganha-se consciência dos desperdícios existentes e percebe-se como as coisas funcionam na realidade. Os problemas existentes ficam à vista de todos e surgem oportunidades de melhoria. Estas devem ser discutidas entre todos, num processo de *brainstorming* por forma a obterem-se as melhores soluções para o problema existente.

Por outro lado o envolvimento de todas as pessoas levará a uma melhor aceitação do mapa por parte das pessoas [18] [21].

2.4.4.3 - Elaboração do mapa de estado futuro

Depois de concluída a elaboração e validação do VSM de estado atual, surge a altura de o questionar e propor melhorias. Nesta fase, a criação de fluxo contínuo e a eliminação de desperdícios e as metas a atingir devem ser as prioridades, sempre com vista à perfeição. Para tal, são identificadas quais as tarefas que não acrescentam valor ao produto para que estas possam ser eliminadas.

Rother e Shook apresentam um conjunto de *guidelines* sob a forma de questões que apresentam uma enorme importância na elaboração de um mapa de estado futuro [18].

- Qual o takt time para a família de produtos?
- Produção para stock ou diretamente para o cliente?
- Onde se pode introduzir fluxo contínuo?
- Quando e onde usar supermercados *pull*?
- Em que ponto deve ser planeada a produção?
- Como nivelar a produção mista?
- Que incremento consistente de trabalho deve ser libertado ou retirado?
- Que melhorias nos processos serão necessárias para atingir o estado futuro?

A figura 2.6 representa um mapa de estado futuro, elaborado em função do mapa de estado atual com as melhorias encontradas.

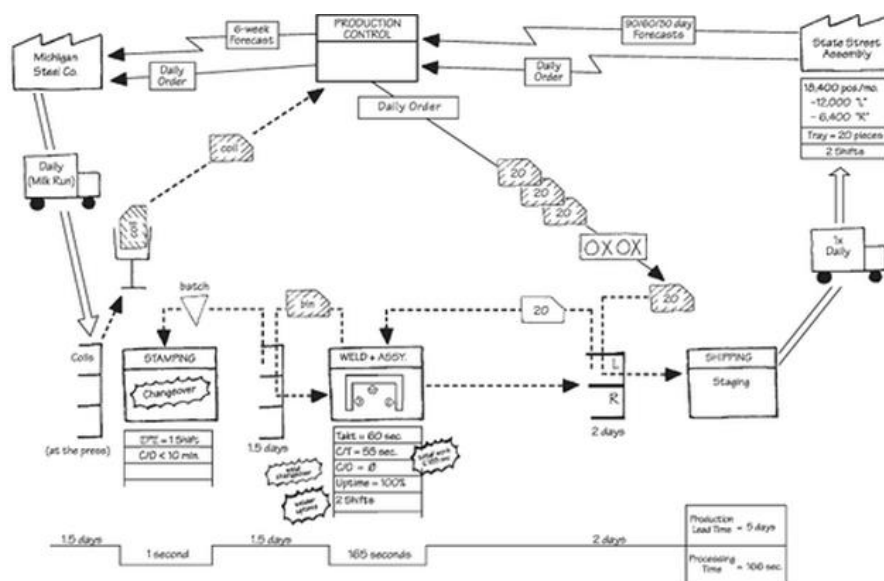


Figura 2.6 - Exemplo de um mapa de estado futuro [18]

2.4.4.4 - Planeamento e implementação do estado futuro

Após a elaboração do mapa de estado futuro, surge a fase de planeamento e implementação do estado futuro. Este planeamento deve demonstrar claramente o que se pretende fazer e quando, bem como deve apresentar o responsável pela atividade em questão, e as metas a atingir. Devem existir igualmente metas intermédias com datas definidas, onde existirão pessoas responsáveis pela verificação do cumprimento dessas datas.

O plano de implementação é assim o meio para converter o estado atual no estado futuro. A implementação do estado futuro vai contribuir, entre outros, para reduções efetivas dos tempos de valor não acrescentado nos processos, para uma melhor organização do inventário, bem como uma melhor monitorização da qualidade dos produtos.

Para melhorar a possibilidade de sucesso da implementação do estado futuro, deve sempre começar-se pela parte que as pessoas melhor compreendem.

2.4.5 - Casos de aplicação do VSM

Ao longo da bibliografia consultada, foram encontrados diversos estudos que demonstram a importância do VSM como ferramenta de deteção de desperdícios numa organização e melhoria dos processos produtivos.

Singh e Sharma, num estudo elaborado em 2009, identificaram as causas excessivas de WIP, *lead time*, tempo de ciclo e calcularam o *takt time* para definir o ritmo de produção.

Com este estudo conseguiram resultados incríveis, conseguindo uma redução de 92,58% no *lead time*, 2,17% no tempo de processamento, 97,1% de redução de WIP, e 26,8% de redução na necessidade de mão-de-obra por parte dos trabalhadores [25].

Por sua vez, Silva, explorou a possibilidade de aplicação do VSM na indústria do vestuário no Sri Lanka. Este concluiu que a aplicação da ferramenta pode trazer resultados muito vantajosos na redução do *lead time* e do WIP, e no aumento do tempo de valor acrescentado.

Com a elaboração do VSM de estado futuro foram conseguidas reduções de *Lead time* na ordem dos 50%, de 23,916 para 11,951 minutos. Com este estudo, conseguiu também aumentos do tempo de valor acrescentado de 0.087% para 0.22% e conseguiu reduzir o inventário em curso [26].

De igual modo, Lasa, Laburu e Vila aplicaram a ferramenta VSM na fábrica da Maier, um dos maiores fabricantes mundiais de componentes plásticos e subunidades para automóveis e para a indústria eletrónica.

Após concluírem o seu estudo estes consideraram o VSM como uma ferramenta adequada no redesenho dos sistemas de produção, e que este deve ser aplicado com auxílio de sistemas de informação pelo facto de acelerar o processo de aquisição de dados para a elaboração do mapa de estado atual e pelo facto de subscrever os próprios dados na própria planta de produção [28].

A ferramenta VSM foi igualmente aplicada num estudo no Brasil, na EMDEP, uma multinacional produtora de peças automóveis.

Este estudo revelou o auxílio na redução do *lead time* em cerca de 54,8% e aumento da eficácia em cerca de 67,2%.

A General Motors realizou um evento Kaizen com um fornecedor chave para melhorar os custos de competitividade e o tempo de entrega dos componentes da coluna de direção. A General Motors usou o VSM e os 5 porquês⁹ da Toyota.

⁹ Os cinco porquês é uma técnica baseada em perguntas e respostas iterativas, com o intuito de descobrir a causa para um determinado problema existente.

Através do estudo, o fornecedor começou a usar um novo processo de moldagem que removeu a necessidade do passo de pintura. Esse projeto salvou ao fornecedor \$700,000 por ano, diminuiu *lead times* e melhorou os prazos de entrega para a General Motors [28].

Estes estudos demonstram a eficácia do VSM e a sua extrema utilidade na melhoria da eficácia produtiva das organizações. A aplicação da ferramenta leva a poupanças consideráveis e redução considerável de custos e desperdícios, como se pôde verificar nos casos de estudo anteriores.

2.4.6 - Avaliação do VSM

A ferramenta é largamente usada a nível mundial, e extremamente útil no mapeamento dos fluxos de informação e de materiais.

Através do estudo elaborado ao longo do estado da arte, foi possível consultar uma bibliografia diversificada que permitiu conhecer a ferramenta, como esta se aplica, bem como a sua utilidade.

O estudo permitiu o levantamento de diversas vantagens e desvantagens desta ferramenta.

2.4.6.1 - Vantagens do VSM

O estudo da bibliografia e a aplicação prática da ferramenta permitiu o levantamento de diversas vantagens [29] [5]:

- Relaciona fluxos de informação, canais de distribuição, cadeias de valor e processos de manufatura;
- É a única ferramenta que incorpora informações sobre fluxos de materiais e fluxos de informação;
- Ajuda a unificar técnicas para análise de fluxos de materiais;
- Fornece às organizações uma pegada para planeamento estratégico para implementar *Lean thinking*;
- Fornece muita informação para a operação e armazenamento que outras técnicas não fornecem;
- Permite descobrir os desperdícios existentes e as suas fontes;
- Apresenta uma linguagem universal e fácil de entender;
- Permite visualizar o tempo de espera entre operações e entre produtos;
- Dá a ideia de todo o processo num só mapa;
- Clarifica a dependência entre processos;
- Prioriza ações de melhoria;
- Evidencia o tempo de valor acrescentado, não acrescentado e o *lead time*;
- Representa o ponto de partida para a implementação de melhorias através de ferramentas *Lean*;
- Permite questionar cada passo do processo para avaliar a sua necessidade;
- Visa a melhoria global da cadeia de valor em detrimento de melhorias locais;

2.4.6.2 - Desvantagens do VSM

Apesar de o VSM apresentar um número significativo de vantagens e ser a única ferramenta capaz de mapear fluxos de informação e de materiais, esta apresenta no entanto ainda algumas limitações.

Algumas das limitações identificadas são:

- Exige recolha de informação extremamente detalhada;
- É difícil ter um alto nível de precisão e implementação das ideias no chão-de-fábrica;
- Dificuldade em preparar o VSM para abordagem de sistemas de produção complexos;
- Incapacidade do VSM para detalhar de forma dinâmica o comportamento do sistema produtivo;
- Apenas mapeia produtos da mesma família, falhando no mapeamento de múltiplos produtos com fluxos de materiais diferentes;
- Não permite mapear com rigor a sequência das atividades dos processos;
- Devido ao facto de ser mapeado manualmente não permite avaliações e implementações rápidas de melhoria no caso de limitações de tempo;
- Não representa as movimentações e ações das pessoas em cada posto de trabalho;
- Não evidencia qual o impacto do WIP nem custos das operações de fluxos de materiais errados, como é o caso de fluxo descontínuo e grandes movimentações entre operações;
- Não permite o mapeamento dos desperdícios ambientais nem perceber as suas causas;
- Incapaz de identificar os recursos naturais e matérias primas utilizadas e necessárias em cada processo;
- Incapaz de mapear os resíduos perigosos resultantes dos processos [5] [30] [31];
- Incapaz de mapear os recursos partilhados entre os diversos processos;

Como podemos verificar no conjunto de desvantagens acima apresentadas, o VSM convencional apresenta ainda diversas lacunas no que toca aos desperdícios e impactos ambientais. No capítulo 3 será apresentada uma metodologia para a incorporação dos desperdícios e impactos ambientais no VSM.

2.5 - A ferramenta eVSM

Existem diversas ferramentas de apoio ao mapeamento da cadeia de valor. No âmbito desta dissertação foi necessária uma ferramenta que digitalizasse a informação durante o caso de estudo, após o levantamento dos dados no chão-de-fábrica.

Procedeu-se ao estudo de algumas ferramentas com o intuito de verificar a que apresentava maiores potencialidades para o trabalho em questão.

A ferramenta eVSM foi a ferramenta sugerida por parte da equipa de trabalho, e apresentou-se de entre as ferramentas estudadas a ferramenta com maiores potencialidades.

O eVSM permite a criação de mapas que proporcionam uma visão de alto nível da implementação *Lean*.

Na versão 6, o eVSM melhorou a capacidade de criação de mapas automatizados e padronizados, e introduziu novos elementos, novos ícones, variáveis, entre outros.

O facto de esta ferramenta potenciar a possibilidade de adição de novos ícones ao ambiente de trabalho revelou-se um fator importante pelo facto de se representar uma necessidade para o mapeamento dos fatores energéticos e ambientais.

A informação existente relativa à ferramenta é relativamente escassa pelo que a experimentação intensiva da ferramenta cobriu algumas lacunas de informação existentes.

O eVSM consiste num conjunto de macros que correm em ambiente *Visio*, e suportados por *Microsoft Excel*, e fornecem a possibilidade de elaborar mapas da cadeia de valor, cálculos, gráficos, e diversos diagramas, bem como entre outros, criar relatórios A3 para melhoria do mapa da cadeia de valor.

A figura 2.7 apresenta essencialmente as quatro áreas principais existentes num mapa do software eVSM [32].

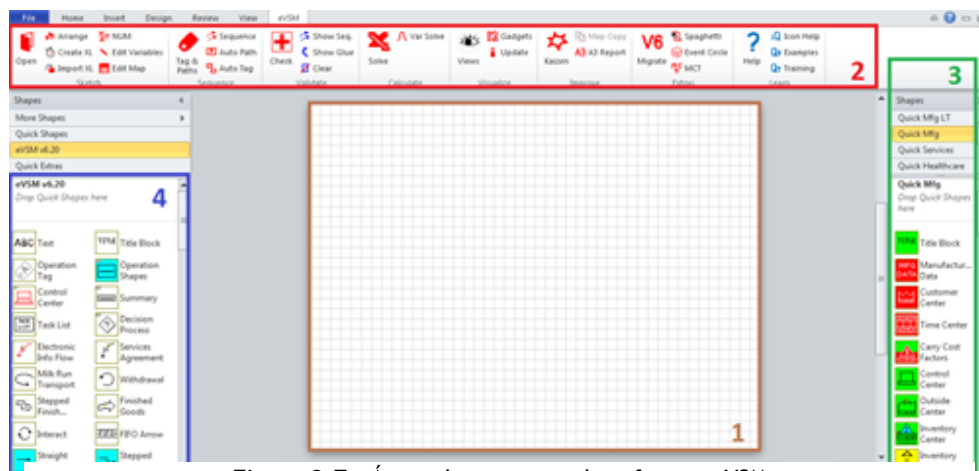


Figura 2.7 - Áreas de um mapa do software eVSM

As quatro áreas apresentam finalidades completamente distintas:

Área 1 - Esta área, a castanho, corresponde à folha de desenho *Drag and Drop Visio* para onde todos os objetos devem ser arrastados para a elaboração do mapa.

Área 2 - A barra de ferramentas eVSM, a vermelho, apresenta diversas secções organizadas, que em conjunto apresentam funcionalidades que suportam o mapeamento e melhoria desse mesmo mapeamento. Esta barra de ferramentas encontra-se dividida em desenho, sequência, validação, cálculo, visualização, melhoria, extras, e aprendizagem.

Área 3 - A área 3, a verde, contém os objetos personalizados existentes no *Quick Manufacturing* essenciais para a elaboração de mapas VSM, para modelação de transportes e custos associados, inventário, capacidades, recursos partilhados, e inconformidades associadas à produção.

Área 4 - Representa a barra de objectos VSM principal. Esta área, a azul, contém o conjunto de todos o tipo de objetos existentes na ferramenta para elaboração de um mapa VSM.

Capítulo 3

Lean e Green

Este capítulo apresenta o conceito de sustentabilidade e as estratégias vulgarmente seguidas pelas empresas para melhorarem a sua performance e diminuírem os desperdícios ambientais.

Serão também apresentadas as semelhanças entre *Lean* e *Green*, bem como as adaptações a efetuar no VSM para a incorporação dos fatores ambientais e energéticos neste.

Por fim, será avaliada a extensão do VSM a esses mesmos fatores.

3.1 - Sustentabilidade

Devido à elevada industrialização das últimas décadas, consumo excessivo de recursos não renováveis e crescimento exponencial da população, a preocupação com o ambiente aumentou significativamente.

A necessidade de produção acelerada de produtos para responder às procura variáveis dos clientes levaram a que os recursos naturais comessem a ser consumidos em níveis significativos. Este facto levou a que a poluição atingisse valores insustentáveis e que os desperdícios e impactos ambientais fossem significativos.

Como medida de combate a estes problemas ambientais começaram a surgir cimeiras ambientais e pressões governamentais que levassem as organizações a diminuir a poluição emitida para a atmosfera, bem como diminuir os consumos de recursos naturais e energéticos dos seus sistemas produtivos.

Todos estes fatores levaram a que, nos dias de hoje, as pessoas estejam cada vez mais consciencializadas sobre as questões ambientais e a necessidade de produtos resultarem de uma produção sustentável.

As organizações começam a preocuparem-se com o uso eficiente dos seus recursos, e recorrem, com mais frequência, a recursos e processos cada vez menos poluentes, ou mesmo não poluentes, por forma a conseguirem uma produção mais sustentável e conseguirem uma vantagem competitiva perante a concorrência.

O facto de se produzir de uma forma mais sustentável leva a que os custos diminuam e que se aumente o lucro significativamente [5] [9] [29].

A sustentabilidade foi definida pela Comissão mundial de ambiente e desenvolvimento como “atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades [33].”

Quando se fala em sustentabilidade normalmente apenas se prima pelo meio ambiente, esquecendo-se um pouco a componente social e económica, no entanto o cenário ideal para o processo produtivo é um cenário onde se preza pelas três esferas da sustentabilidade, como representado na figura 3.1.

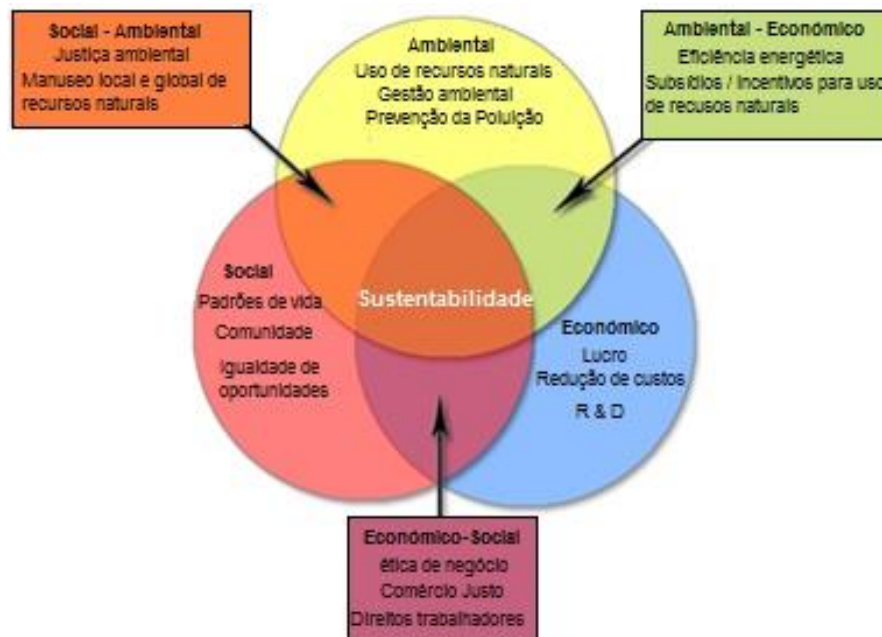


Figura 3.1 - As três esferas da sustentabilidade. Adaptado de [34]

3.2 - Desperdícios ambientais

Existem desperdícios em qualquer sistema produtivo. Por forma a atingir-se a sustentabilidade, devem ter-se em atenção não apenas aos oito desperdícios *Lean*, mas também os desperdícios relativos à componente ambiental.

A EPA define desperdícios ambientais como o “uso excessivo ou desnecessário de recursos, ou de substâncias libertadas para a atmosfera, água ou solo, que possa prejudicar a saúde humana ou o ambiente [28].”

Os desperdícios ambientais podem afetar diretamente o sistema produtivo, podendo contribuir para um aumento do tempo de resposta ao cliente e do custo por unidade produzida, bem como contribuir para a diminuição da sua qualidade.

A figura 3.2 apresenta os processos de manufatura com maiores potenciais para melhorias relativamente aos aspetos ambientais.

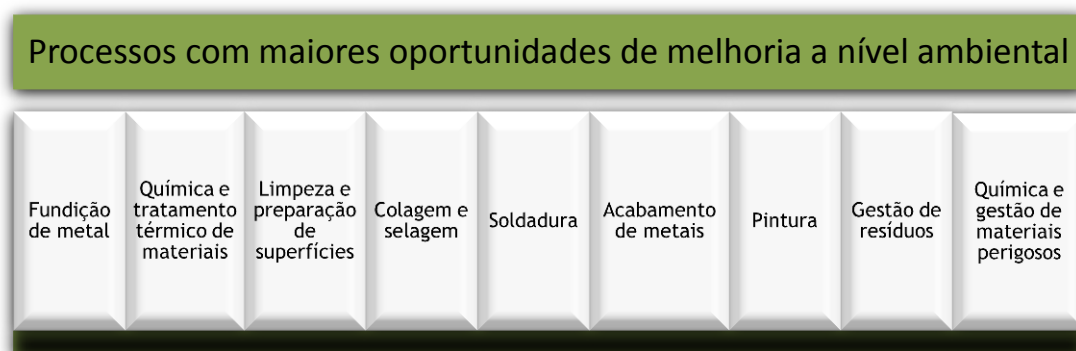


Figura 3.2 - Processos com maiores oportunidades de melhoria a nível ambiental

3.2.1 - Uso excessivo de energia

Grande parte dos processos existentes na manufatura exigem uma fonte energética. Os desperdícios de energia consistem no consumo de eletricidade ou de outros combustíveis na produção, que não contribuem para o acréscimo de valor para o cliente, e por isso são uma fonte de desperdício.

A produção de produtos defeituosos e necessidade de despender energia para o retrabalho é um exemplo deste desperdício.

Este é um dos desperdícios mais significativos e com mais oportunidades de melhoria.

3.2.2 - Desperdício de materiais

Os materiais representam uma grande fonte de custos na produção de um produto para o cliente. Se estes materiais não forem recicláveis e reutilizáveis, vão representar perdas económicas para a organização. No caso de estes materiais possuírem substâncias perigosas, vão significar também um forte impacto para o ambiente.

3.2.3 - Uso excessivo de água

Por vezes no sistema produtivo é consumida mais água do que aquela que é necessária para a produção do produto pretendido. O consumo excessivo de água vai representar custos para a organização. Num sistema produtivo ideal, toda a água utilizada deveria ser re-aproveitada.

3.2.4 - Transporte em excesso

O recurso a transportes desnecessários resulta em consumos desnecessários de combustível. Esses consumos de combustível representam impactos negativos para o ambiente. A redução desses impactos resulta em grandes poupanças monetárias e num grande benefício para o ambiente.

3.2.5 - Defeitos

Este desperdício consiste em pagar por algo que implicou um custo e um impacto ambiental para ser produzido e que vai implicar um novo custo para ser deitado fora [9].

3.2.6 - Uso abusivo da biodiversidade

A recolha excessiva de recursos naturais e a destruição da fauna e da flora representam impactos significativos no ambiente. A produção deve implicar o mínimo impacto na biodiversidade.

3.3 - Estratégias para a sustentabilidade

A única pressão para que as organizações tomem medidas para a melhoria do desempenho ambiental são os regulamentos e políticas governamentais existentes.

Por forma a melhorarem os seus desempenhos em termos ambientais e económicos, as organizações tendem a seguir algumas das estratégias que são descritas adiante.

3.3.1 - Inovação baseada em estratégias ambientais

Esta estratégia baseia-se na inovação dos processos e produtos, considerando as necessidades futuras, por forma a melhorar o desempenho ambiental. Nesta estratégia os funcionários estão familiarizados com o objetivo da organização, a produção de produtos que não prejudiquem o ambiente.

3.3.2 - Compra de tecnologia limpa

Na atualidade, nos sistemas produtivos existe cada vez maior recurso a maquinaria. Não obstante, muitas das vezes as tecnologias utilizadas estão obsoletas e não cumprem com os requisitos ambientais, pelo que as organizações recorrem à compra de novas tecnologias mais limpas, a fim de melhorar o seu desempenho a nível ambiental.

3.3.3 - Administração de produtos

Os seguidores desta estratégia prezam pela diminuição do impacto ambiental e da poluição. A administração de produtos é usada pelas organizações quando os produtos são concebidos, por forma a produzirem produtos passíveis de serem reutilizados e reciclados de uma forma mais acessível. As organizações seguidoras desta estratégia analisam as entradas e saídas de cada processo, bem como o ciclo de vida do produto, ao longo da fase de *design*.

3.3.4 - Estratégia ambiental passiva

As organizações que adotam esta estratégia sofrem uma grande pressão pública para uma produção limpa e amiga do ambiente. Estas organizações tentam resistir ao mercado e à concorrência através do seguimento dos regulamentos ambientais emitidos pelos governos.

Estas organizações tendem a tentar aumentar continuamente o desempenho ambiental mesmo que isso implique reduzir os custos por forma a poderem introduzir novas tecnologias com menos impactos para o ambiente. Esta estratégia é largamente usada pelo facto de apresentar um risco de implementação reduzido face a outras estratégias.

3.3.5 - Estratégia ambiental de previsão

Por vezes as organizações tendem a tentar prever os acontecimentos futuros a nível ambiental, por forma a ganharem uma vantagem competitiva perante a concorrência. Para tal, melhoram as suas tecnologias através da previsão das necessidades futuras dos clientes e políticas ambientais. Este tipo de estratégia implica um risco elevado devido ao facto de os investimentos serem baseados em previsões.

3.3.6 - Estratégia de compromisso

As organizações que seguem esta estratégia produzem produtos amigos do ambiente em função das necessidades do mercado. Estas organizações acreditam que existe a necessidade de fazer um *trade off* entre a gestão ambiental e o lucro gerado pela venda de produtos. Diversos estudos indicam que as organizações que possuem menor poderio financeiro, optam por esta estratégia [30].

3.3.7 - Estratégia de prevenção da Poluição

As organizações que optam por esta estratégia optam por uma manufatura *Lean e Green* por forma a prevenirem as emissões, poluição e impactos ambientais. Utilizado este pensamento na produção, estas não têm a necessidade de controlar a poluição emitida, pois têm os processos otimizados para uma produção amiga do ambiente, que previne a poluição.

3.3.8 - Implementação da norma ambiental ISO 14001

Muitas organizações recorrem a sistemas de gestão ambiental, que consistem num conjunto de ferramentas práticas e organizacionais com o objetivo de otimizar o uso de recursos naturais, reduzir os seus impactos ambientais e aumentar a eficiência das suas operações.

A norma ISO 14001 segue um princípio de melhoria contínua. Para que se verifique a sua implementação, a organização deve ter uma política ambiental e comprometer-se a melhorar o seu desempenho nesse campo, identificando para tal, os aspetos ambientais das suas operações tais como os poluentes e resíduos dos seus processos.

Após esta identificação concluída a empresa deve definir metas e objetivos concretos, elaborando para tal um plano de implementação. Esta implementação deve ser avaliada e no caso dos objetivos ambientais propostos não estarem a ser atingidos, medidas corretivas devem ser implementadas. Estas avaliações devem ser constantes por forma a conseguir-se uma melhoria progressiva e contínua do sistema de gestão e do desempenho ambiental.

O recurso a esta norma permite que as organizações melhorem o seu desempenho ambiental e eficiência dos processos, contribuindo assim para uma redução dos custos e consumo de recursos, e levando a que as empresas consigam entrar em novos mercados

devido à vantagem competitiva resultante da imagem melhorada junto dos clientes e investidores [35] [36] [37].

3.4 - Produção *Lean e Green*

Existem dois tipos de pensamento distintos seguidos pelas organizações na manufatura. Diversas organizações seguem a manufatura *Lean* prezando o aumento da eficiência, redução dos custos de produção, redução de *stocks*, aumento da flexibilidade na produção e diminuição dos tempos de resposta aos clientes, aplicando apenas recursos quando esta aplicação representar um acréscimo de valor para o cliente.

Por sua vez existem outras que optam por uma manufatura *Green*, optando por reduzir os consumos energéticos, o uso de materiais potencialmente perigosos e reduzir os desperdícios que possam causar impactos ambientais.

Até então pensava-se que estes dois tipos de manufatura eram independentes um do outro, no entanto mais tarde veio a verificar-se que existe mais do que uma coexistência entre estes, e que estes podem ser aplicados em conjunto, com um melhor resultado global do que quando comparamos com a aplicação independente de cada um destes.

Ao longo dos tempos começou a usar-se *Lean* com uma base *Green* não só para o combate aos desperdícios económicos, mas também para o combate aos desperdícios ambientais, o que contribuiu para uma redução significativa dos custos, resíduos, bem como para redução dos impactos ambientais e perdas resultantes do sistema produtivo.

Combinando *Lean e Green* conseguem-se sistemas e processos não poluentes, que conservem energia e recursos naturais, economicamente viáveis e que sejam saudáveis para os funcionários, comunidades e consumidores, socialmente e criativamente recompensadores para todas as pessoas [5].

A produção *Lean* por si só possui diversas lacunas relativamente às questões energéticas e ambientais, o que remete para a necessidade de utilização de uma produção *Lean e Green*.

O uso da manufatura *Lean e Green* traz efeitos positivos para a produção visto que contribui com técnicas para melhorar tanto os resultados a nível económico como a nível ambiental, ajudando a reduzir os custos e prazos de entrega ao cliente, melhorando o fluxo ao longo dos processos, bem como melhorando a qualidade ambiental resultante dos processos e sistemas não poluentes.

A manufatura *Lean* serve como catalizador para a implementação de um sistema de manufatura *Green*.

Diversos autores acreditam que a adopção de *Lean* vai reduzir o custo total de prevenção da poluição, diminuindo a fonte de desperdício nas organizações e que desta forma *Lean* é *Green*.

O ambiente criado através da produção *Lean* disponibiliza as melhores condições para a implementação da produção *Green* [38].

Visto que as práticas *Lean* são benéficas para as práticas *Green* e vice-versa, a aplicação em conjunto destes dois tipos de pensamento trará melhores resultados globais do que quando aplicadas individualmente, o que leva a que cada vez mais as organizações incorporem práticas verdes.

Enquanto um cliente *Lean* é satisfeito através da redução dos custos dos produtos, e do tempo de espera, os clientes *Green* são satisfeitos quando os seus produtos são produzidos através de processos sem impacto para o ambiente. Visto que ambos os tipos de pensamento

contribuem positivamente para a redução de desperdícios e diminuição do custo dos produtos, a incorporação de uma filosofia *Lean* e *Green* com produção sem impactos ambientais conseguirá atingir assim ambos os tipos de cliente.

Para que exista uma produção sustentável é necessário que as organizações implementem simultaneamente as estratégias *Lean* e *Green* aproveitando ao máximo as semelhanças que estas duas filosofias apresentam.

Lean e *Green* consiste numa abordagem para eliminar os resíduos existentes no sistema produtivo através de melhoria contínua, sempre tendo em vista as necessidades do cliente, diminuindo em simultâneo o impacto da produção sobre o ambiente.

Quando se aplicam em conjunto estas duas metodologias surgem diversas oportunidades de reduzir os custos e aumentar os lucros sem necessidade de investimento, bem como se consegue uma melhoria na qualidade, tempo e custo através da eliminação dos perigos ambientais. Esta aplicação conjunta contribui também para a eliminação do uso de recursos desnecessários, melhoria da qualidade ambiental, satisfação das necessidades dos clientes, remoção dos obstáculos ambientais para a competitividade, bem como abre portas para novos mercados, devido ao facto de as organizações apresentarem uma vantagem competitiva perante a concorrência que não aplica estas metodologias, através da identificação e eliminação dos desperdícios ambientais [5] [38] [39].

Para uma melhor compreensão de *Lean* e *Green*, convém perceber onde as práticas *Lean* são sinérgicas para *Green*, e vice-versa.

Analisando e sobrepondo as *Lean* e *Green* é facilmente perceptível que estas possuem diversos pontos em comum, mas no entanto também diversas divergências.

A tabela 3.1 apresenta uma comparação entre os dois tipos de pensamento.

Tabela 3.1 - Comparação entre os principais atributos de Lean e Green

Atributo	Pensamento <i>Lean</i>	Pensamento <i>Green</i>
Propósito	Maximizar lucro através da redução do desperdício	Reduzir os riscos e impactos ambientais aumentando a eficiência ecológica
Foco	Redução dos custos, aumento da flexibilidade através da eliminação de todos os desperdícios da cadeia de valor	Redução do impacto ecológico das atividades industriais, e desenvolvimento sustentável, através de eliminação de fontes de desperdício e poluição
Clientes	Interessados no custo do produto	Interessados em produções de produtos sem impacto ambiental
Satisfação dos clientes	Satisfeitos através de redução dos lead times e da redução dos custos	Satisfeitos por serem amigos do ambiente ao comprarem produtos sem impactos ambientais.
Transporte	Diminuir o número de transportes devido aos custos	Reduzir o número de transportes devido ao consumo de combustível e emissões de CO ₂
Lead time	Reduzir os <i>lead times</i> desde que não faça aumentar os custos.	Reduzir os <i>lead times</i> de transporte desde que não faça aumentar as emissões de CO ₂

Técnicas de redução de desperdício	Visão, estratégia, inovação, parcerias, operações, eliminação dos oito desperdícios nos processos	Re-desenho de produtos e processos, redução de consumos para produtos, separação de resíduos, reciclagem
Principais ferramentas	VSM, minimização de inventário, diminuir lead-times, JIT, maior taxa de utilização de recursos	VSM sustentável, eficiência de consumo de recursos, redução de materiais reduntantes ou desnecessários, redução de desperdícios ambientais, redução de lead times de transporte

Estas duas metodologias apresentam focos diferentes, clientes diferentes bem como práticas e estratégias de manufatura diferentes.

Diversos elementos como as emissões de CO₂ são extremamente incompatíveis entre as duas filosofias, visto que ao contrário do pensamento *Green*, a baixa emissão de CO₂ não é uma prioridade para *Lean* pelo que um *trade-off* tem que ser realizado, e diversas práticas *Lean* têm que ser colocadas de parte em detrimento do ambiente.

Apesar de os objetivos destes tipos de pensamento serem diferentes, estes acabam por convergir e complementarem-se em diversos aspetos como a redução dos custos através da eliminação de desperdícios, redução de inventários, redução de *lead times* bem como em ferramentas utilizadas como é o caso do *Value Stream Mapping*.¹⁰

A aplicação em conjunto de *Lean* e *Green* pode contribuir para melhorias significativas nas organizações tais como [40]:

- Redução de cerca de 10% no consumo de energia
- Redução de 30 a 50% no consumo de materiais, produção de resíduos e refugo
- Redução de cerca de 5 a 10% dos custos operacionais

3.5 - Necessidade da aplicação do VSM energético e ambiental

O consumo de recursos por parte das organizações representa elevados custos. A inflação do preço dos recursos levou a que as organizações necessitassem de controlar de uma forma mais ponderada os recursos consumidos.

O VSM convencional permite compreender como os produtos são produzidos ao longo da cadeia de valor desde o fornecedor até ao cliente, permitindo identificar os desperdícios económicos existentes na produção. Apesar de ser uma ferramenta extremamente útil, apresenta como enorme lacuna, o facto de ser incapaz de identificar e mapear os desperdícios ambientais.

A extensão do VSM aos desperdícios ambientais permite para além das funcionalidades do VSM convencional, identificar e eliminar desperdícios ambientais escondidos como a energia e

¹⁰ No capítulo 4 o VSM vai ser aplicado num caso de estudo para os pontos de convergência entre estes dois tipos de pensamento.

os poluentes. A extensão do VSM permite identificar áreas onde melhorias ambientais podem ser feitas.

Esta aplicação da ferramenta à componente ambiental pode resultar em redução de custos, tempo de produção, riscos e melhoria da segurança e qualidade ambiental, redução dos resíduos emitidos, bem como melhorar a gestão dos recursos humanos e a variabilidade dos processos.

3.6 - O VSM ambiental

A aplicação do VSM ambiental incorpora uma grande quantidade de informação passível de resultar em melhorias e redução de custos. A melhor forma de eliminar os desperdícios existentes numa organização é envolver o máximo de pessoas possível.

De seguida serão apresentadas algumas adaptações a efectuar no VSM convencional, com o intuito de mapear de forma eficiente os fatores ambientais, acrescentando-lhe diversas vantagens.

3.6.1 - Definição de métricas ambientais

Uma métrica é uma medida usada para avaliar quantitativamente, controlar ou seleccionar intervenientes como processos, pessoas ou organizações.

A utilização de métricas permite às organizações quantificar categorias ambientais, económicas e sociais, por forma a melhorar e conseguir uma produção mais sustentável.

As métricas ambientais permitem às organizações quantificar a quantidade de recursos utilizada e reduzida por alterações nos processos, os custos ambientais associados a cada processo, bem como documentar os benefícios ambientais resultantes da gestão e antecipação dos riscos ambientais. A melhoria dos resultados *Lean* e *Green* através da prevenção da poluição, e eliminação dos riscos ambientais e as suas fontes pode ser também documentada com recurso a métricas [28].

Com base nas diretrizes definidas pela EPA relativamente a consumos de recursos e diretrizes ambientais foram definidas um conjunto de métricas que servirão de suporte às medições efetuadas no caso de estudo do capítulo 4. Estas métricas podem ser consultadas no anexo B.

3.6.2 - Utilização de ícones EHS

Os ícones EHS são utilizados para indicar os processos que representam boas oportunidades para reduzir a poluição e custos através dos desperdícios ambientais, ou que podem ser perigosos para a saúde ou segurança dos trabalhadores, como pode ser visualizado na figura 3.3.

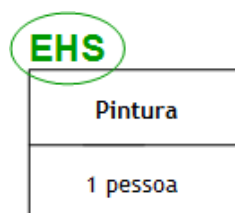


Figura 3.3 - Exemplo de processo com ícone EHS. Adaptado de [29]

3.6.3 - Incorporação de dados ambientais no VSM

Após um conjunto de métricas definido, a seleção de dois ou três indicadores ambientais, vai permitir medir um conjunto de desperdícios ambientais em cada processo e adicionar os seus valores à caixa de dados do VSM juntamente com os outros dados recolhidos. Na figura 3.4 encontra-se presente um exemplo de um processo com ícone EHS e com dados ambientais incorporados.

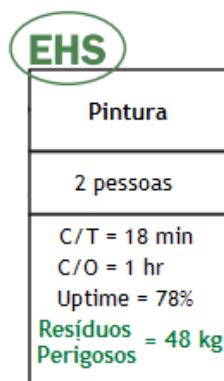


Figura 3.4 - Incorporação dos dados ambientais no VSM. Adaptado de [28]

3.6.4 - Comparação entre recursos necessários e recursos usados

O tempo de produção é um fator muito importante para manter a competitividade e poupar custos. No entanto, por vezes os recursos naturais como a energia, água e os materiais, representam também uma enorme fonte de custos.

A criação de uma linha de recursos naturais análoga e abaixo da linha do tempo permite perceber a quantidade de recursos utilizada em cada processo e a quantidade que é efectivamente desperdiçada. Abaixo da linha temporal podem ser adicionadas linhas para qualquer recurso natural utilizado. Cada linha corresponderá a um recurso natural diferente.

Embora não seja usado pela EPA nos seus *Toolkits*, acrescentar na parte inferior da linha dos recursos utilizados, os recursos desperdiçados, dá uma maior e mais direta noção do desperdício existente. Para além disso, o acréscimo no quadro de valores do total de recursos desperdiçados, bem como a sua percentagem, trará uma maior sensibilização para a necessidade de melhoria.

A figura 3.5 apresenta um esquema com uma sequência de dois processos com ícones EHS, e com uma linha relativa aos materiais consumidos ao longo dos processos. A parte superior da linha superior representa os materiais usados em no processo que se segue e a parte inferior indica os consumos que são desperdiçados. A linha inferior indica a quantidade de material que foi adicionada ao produto.

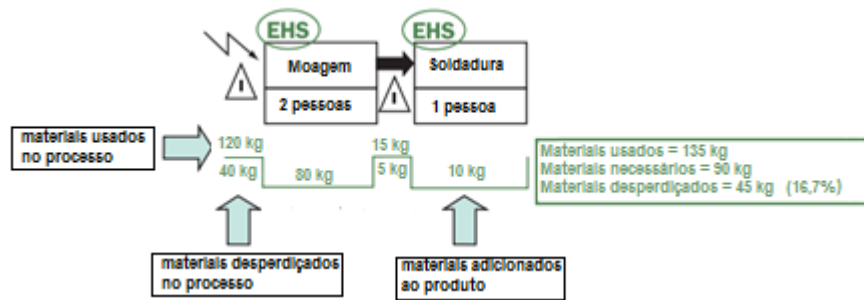


Figura 3.5 - Comparação entre materiais usados e materiais desperdiçados. Adaptado de [28]

3.6.5 - Análise dos inputs e outputs de cada processo

Por vezes durante o mapeamento torna-se difícil identificar os desperdícios associados a cada processo.

Uma boa forma de conseguir analisar os desperdícios inerentes a cada processo, é mapear as entradas e saídas de cada processo, onde as entradas apresentam os recursos necessários para a produção do produto, e as saídas apresentam os desperdícios e poluentes resultantes do processo.

Na figura 3.6 podemos verificar uma sequência de dois processos com *inputs* e *outputs*

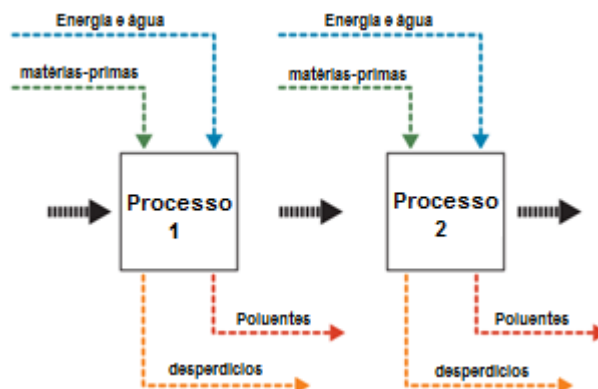


Figura 3.6 - Análise de entradas e saídas de cada processo. Adaptado de [28]

3.6.6 - Incorporação de ícones para o fluxo de energia

A incorporação de ícones para o fluxo de energia, permite compreender os consumos energéticos associados a cada tipo de energia em cada processo.

O recurso a estes ícones permite diferenciar os consumos associados aos diferentes tipos de energia utilizados, apresentando de forma intuitiva a energia consumida por cada tipo de energia.

Na figura 3.7 estão representados os principais tipos de energia usados nos processos industriais de manufactura.



3.7 - Avaliação do VSM ambiental

A incorporação dos fatores ambientais no VSM acrescenta à ferramenta diversas potencialidades, conferindo-lhe a capacidade de visualizar desperdícios existentes que a ferramenta convencional não visualizaria. A incorporação permite a redução de custos e impactos ambientais.

O estudo da bibliografia e a experiência prática no caso de estudo permitiram compreender a incorporação desses fatores na ferramenta, como podemos verificar nas secções 3.7.1 e 3.7.2.

Figura 3.7 - Ícones para o fluxo de energia

3.7.1 - Vantagens da extensão do VSM

O VSM ambiental acrescenta ao VSM convencional diversas vantagens:

- Mostra de forma simplista os consumos energéticos e de recursos naturais existentes em cada processo, bem como evidencia os desperdícios existentes;
- Salienta os processos que necessitam de maior análise;
- A comparação entre o mapa de estado atual e o mapa de estado futuro permite evidenciar a influência da aplicação das práticas *Lean e Green* nos processos;
- Permite compreender os *inputs* e os *outputs* de cada processo;
- Suporta a adição de diversos aspetos ambientais;
- Fornece informações sólidas para a análise do desempenho ambiental;
- Enquadra-se nos padrões da norma ISO 14001;

3.7.2 - Desvantagens da extensão do VSM

Apesar de a ferramenta acrescentar ao VSM convencional diversas vantagens, esta apresenta ainda diversas lacunas e oportunidades de melhoria.

Após compreensão da ferramenta puderam identificar-se as seguintes desvantagens:

- A ferramenta não apresenta as causas dos desperdícios dos recursos naturais ao longo dos processos;
- Requer informações das organizações, nem sempre existentes ou disponíveis;
- A energia consumida no repositório do inventário não é visível no mapa;
- Os recursos consumidos no transporte entre processos não são apresentados;
- Seguindo as directizes dadas pela EPA, os recursos de valor não acrescentado constituem informação secundária;
- O mapa não evidencia os recursos partilhados entre processos, como o aquecimento e a iluminação;
- Requer um maior envolvimento de todos os funcionários do que o VSM convencional.
- Segundo as directrizes da EPA, o consumo de cada tipo de energia não se encontra diferenciado nem discriminado;

Capítulo 4

Caso de estudo

Este capítulo aborda o estudo da produção de uma empresa de produção de máquinas-ferramentas mecânicas de grande porte. O estudo apresenta uma análise do seu sistema produtivo, evidenciando alguns problemas existentes na sua produção a nível económico e ambiental.

Após a apresentação do estado atual da empresa, serão apresentadas sugestões de melhoria para o seu sistema produtivo, bem como os impactos produtivos, ambientais e financeiros resultantes dessas melhorias.

4.1 - Enquadramento

Este trabalho de dissertação foi enquadrado em contexto real numa empresa de produção de máquinas-ferramentas.

A empresa foi fundada há mais de 55 anos e dedica-se à concepção, fabrico, produção e comercialização de máquinas-ferramentas.

A empresa possui duas unidades fabris. A unidade fabril de Gaia, é responsável pelo fabrico de estruturas e seus componentes principais enquanto que a unidade fabril do Porto é responsável pela montagem e acabamento das máquinas solicitadas pelo cliente, usando as estruturas produzidas pela unidade de Gaia.

A empresa produz uma vasta variedade de quinadoras, guilhotinas e máquinas para corte a laser.

A procura de quinadoras por parte dos clientes representa a maior percentagem de vendas, pelo que o estudo da sua produção será abordado neste capítulo.

A aposta na constante inovação tecnológica dos seus equipamentos, e formação contínua dos seus funcionários, levou a que conseguisse ter a maior quota do mercado nacional, ser das cinco melhores empresas mundiais do ramo, e conseguir clientes em mais de 38 países de todo o mundo. Dentro dos seus parceiros de negócio destacam-se empresas e instituições como NASA, Boeing, Air France e TAP Portugal.

4.2 - Objetivos

O objetivo principal do caso de estudo é o mapeamento das atividades associadas à produção da estrutura da quinadora PM Guimadira 13530.

Com o mapeamento das atividades existentes relativas a uma família de produtos pretende-se conseguir uma atualização da informação a nível temporal e ambiental.

Este trabalho visa a análise dos processos associados à produção da estrutura da quinadora especificada com o intuito de identificar e reduzir os desperdícios ambientais e económicos associados à sua produção, através de uma melhoria significativa dos seus processos.

Por forma a atingir os objetivos pretendidos aplicou-se a extensão do VSM aos fatores ambientais.

Através do VSM pretendeu-se:

- Analisar os *inputs* e *outputs* associados a cada processo para o modelo da quinadora especificado;
- Obter dados sobre consumos de recursos naturais e energéticos da empresa;
- Desenvolver o VSM económico e ambiental do estado atual da empresa para o modelo especificado;
- Atualizar os dados da empresa relativamente a tempos de atividade e consumos dos processos;
- Analisar os processos e propor soluções de melhoria;
- Elaborar um VSD do estado futuro com as diversas melhorias apresentadas;
- Identificar os impactos ambientais, financeiros e ergonómicos das melhorias sugeridas;

4.3 - Metodologia

Este projeto encontra-se dividido em três partes distintas: o estudo da componente teórica, o caso de estudo, e a escrita do documento da dissertação.

A primeira etapa consiste no estudo de conceitos e ferramentas *Lean*, com especial atenção para o VSM, e posterior elaboração de uma proposta de extensão da ferramenta aos fatores económicos e ambientais.

Após a conclusão da primeira etapa, começou a segunda etapa deste projeto, o caso de estudo.

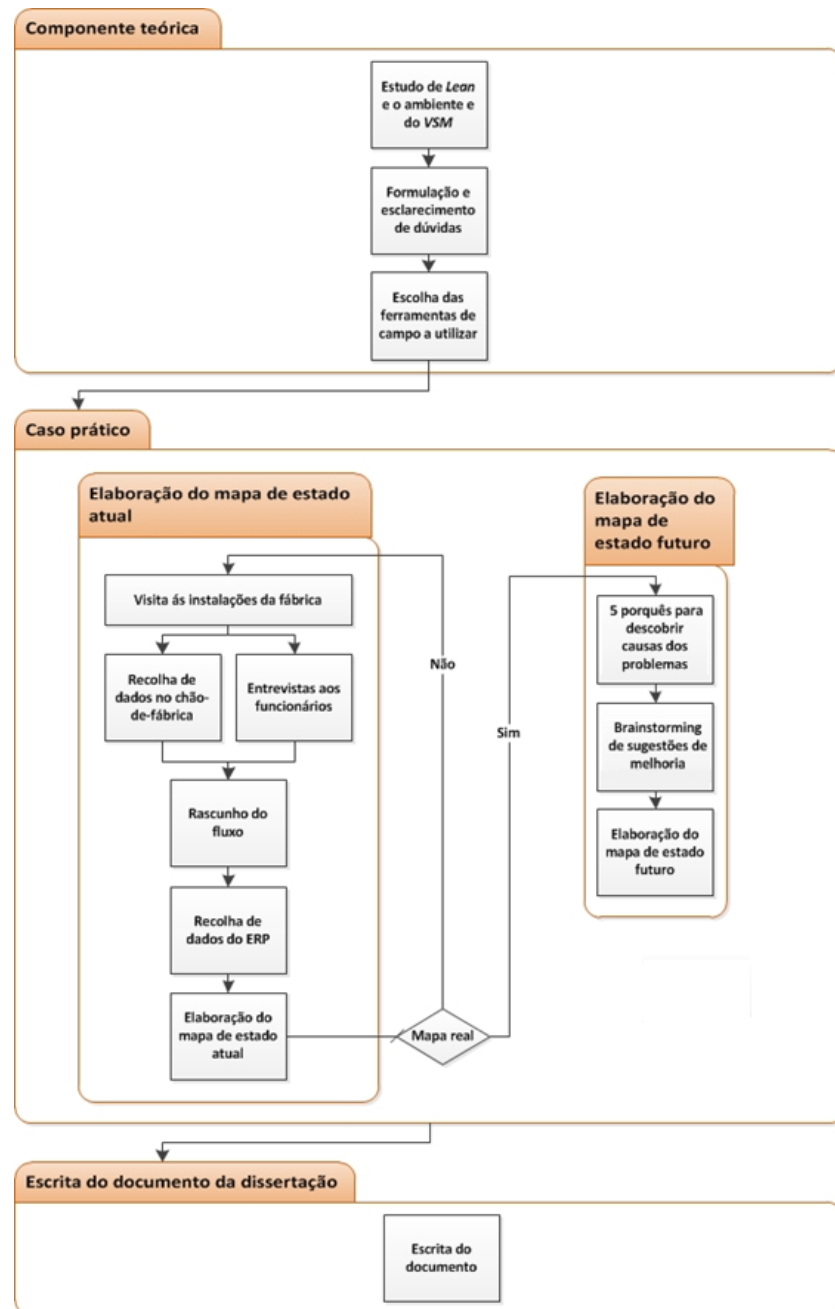
O caso de estudo iniciou-se com uma reunião onde se apresentaram os objetivos desta dissertação e se enquadraram estes mesmos objetivos nas necessidades apresentadas pela empresa.

Após todos os objetivos devidamente definidos, e as ferramentas de campo devidamente definidas, partiu-se para a visita ao chão-de-fábrica para conhecer o fluxo de materiais e informação sobre a quinadora PM Guimadira 13530, bem como recolher as informações necessárias à elaboração de um VSM de estado atual robusto e que represente a realidade da fábrica.

A elaboração do mapa de estado atual, permite compreender os principais problemas existentes nos processos de produção da estrutura da quinadora, bem como as razões desses mesmos problemas. Essa compreensão permite que diversas sugestões de melhoria sejam encontradas e aplicadas por forma a que seja elaborado um mapa de estado futuro muito mais eficiente, e com menos desperdícios, que conseqüentemente resulte num menor custo para a empresa, e num menor impacto para o ambiente.

A terceira e última fase deste projeto consiste na elaboração do relatório da dissertação.

A figura 4.1 abaixo, apresenta um esquema detalhado da metodologia utilizada na



realização desta dissertação. Nesta figura podemos visualizar o sequenciamento de tarefas realizadas para obtenção das melhorias para os processos adiante descritos.

Figura 4.1 - Metodologia usada ao longo do projeto

4.4 - Posição face ao ambiente

A empresa efetua tratamento dos resíduos provenientes dos seus processos tais como dos óleos, diluentes e granalha. Existe o cuidado na produção para que os consumíveis e resíduos resultantes da produção, não sejam enviados para o solo, ar ou água, e não contribuam para impactos ambientais.

A estratégia ambiental seguida é a estratégia ambiental reativa, que visa o *trade-off* entre lucro e gestão ambiental, no entanto a empresa começa cada vez mais a aplicar também uma estratégia de prevenção ambiental, por vezes não seguida por questões orçamentais.

Existem diversas normas ambientais para tratamento de resíduos perigosos, água, resíduos, emissões, bem como para a redução dos consumos energéticos.

Apesar de prezar a menor emissão de impactos ambientais possível, apenas se seguem na empresa normas ao nível da qualidade dos produtos, não se verificando o mesmo a nível da qualidade ambiental e redução dos consumos energéticos.

Existem normas ambientais como a norma ISO 14001 anteriormente mencionada, a norma *REACH*, as diretrizes dadas pela EPA, entre outras que devem ser seguidas para a melhoria da qualidade ambiental, e existência de uma produção mais sustentável.

Como a empresa não segue qualquer norma ambiental, existe um enorme potencial para melhorias neste campo.

4.5 - Família de Produtos

Nas suas instalações em Gaia é produzida uma enorme diversidade de produtos. Dentro dos produtos produzidos encontram-se quinadoras, guilhotinas, máquinas de corte *laser*, e outras máquinas especiais, personalizadas para as necessidades especiais de alguns clientes.

Dentro do mesmo produto *standard*, são produzidos produtos com espessuras de chapa e dimensões diferentes. A tabela 4.1 apresenta a procura dos produtos por parte dos clientes e tempo de produção.

Tabela 4.1 - Dados estimados para a procura de produtos

Família	Procura Semanal [unidades]	Volume de procura [percentagem]	Tempo de Produção [minutos]
Laser	0,125	2.28%	1440
Quinadora	4	73%	1440
Guilhotina	1	18.26%	1440
Guilhotina Especial	0,25	4.57%	2400
Quinadora Especial	0,1	1.83%	2400

O mapeamento dos processos em termos económicos e ambientais implica a escolha de uma família de produtos.

Como podemos verificar pela tabela 4.1 as quinadoras são a família de produtos mais procurada e com menor tempo de produção, representando assim uma família de produtos com alto potencial para melhoria, redução de custos e impactos ambientais.

Visto que a quinadora representa cerca de 73% das vendas e um grande tempo de produção, foi acordado que esta seria a família de produtos escolhida.

São produzidas nas instalações diversas estruturas de quinadoras com espessuras de chapa, alturas e larguras diferentes, pelo que foi escolhida a quinadora com maior procura por parte dos clientes e que apresenta custos significativos para a sua produção, a quinadora PM Guimadira 13530.

A estrutura da quinadora PM Guimadira 13530 é constituída um conjunto de componentes:

- Estrutura principal
- Mesa
- Régua de esbarro
- Avental móvel
- Barra da mesa

Este é o conjunto de semi-estruturas que é vulgarmente usado na estrutura da quinadora, no entanto, no que respeita à barra da mesa, esta nem sempre é produzida, sendo opcional consoante a vontade do cliente.

Na figura 4.2 pode ser visualizado um exemplar da quinadora em estudo. A figura apresenta o modelo da quinadora acabado, após realização da montagem final nas instalações do Porto.



Figura 4.2 - Quinadora PM Guimadira 13530 acabada [41]

A estrutura da quinadora apresenta na sua constituição um conjunto de 46 peças. Para uma melhor compreensão dos processos envolvidos na produção de cada peça, serão apresentadas na tabela 4.2 as peças que fazem parte da constituição da estrutura da quinadora PM Guimadira 13530 e seus acessórios, bem como indicados os processos que cada uma destas peças percorre antes de serem soldadas numa única estrutura.

Tabela 4.2 - Processos verificados em cada peça antes do processo de soldadura

ID	Descrição da peça	Efeito	Quantidade [unidades]	Processos envolvidos
QU2-0102-00-0055	Chapa do montante	Corpo da estrutura	2	Oxicorte + Prensa
QU2-0102-00-0056	Suporte posição da guagem	Corpo da estrutura	4	Oxicorte + Prensa + Rebarbagem
QU2-0102-00-0057	Chapa de espaçamento	Corpo da estrutura	4	Subcontratado
QU2-0102-00-0058	Patela da Guiagem	Corpo da estrutura	2	Oxicorte + Rebarbagem giratória
QU2-0103-00-0041	Chapa avental fixo	Corpo da estrutura	1	Oxicorte + Prensa
QU2-0103-00-0042	Reforço avental fixo	Corpo da estrutura	1	Oxicorte + Prensa
QU2-0103-00-0043	Calço das cunhas	Corpo da estrutura	2	Oxicorte + Prensa
QU2-0105-00-0006	Sapata	Corpo da estrutura	2	Oxicorte + Rebarbagem giratória
Chapa ESP 40	-RSt37.1-DIN17100	Corpo da estrutura	4	Oxicorte + Rebarbagem
QU2-0121-00-0025	Chapa do avental móvel	Corpo do avental móvel	1	Oxicorte + Prensa
QU2-0123-00-0018	Reforço do avental móvel	Corpo do avental móvel	2	Oxicorte + Rebarbagem giratória
QU1-0159-03-0013	Chapa 16x60x2465	Régua de esbarro	1	Oxicorte + Prensa
QU2-0104-00-0059	Reforço interior	Suporte dos cilindros	2	Oxicorte + Rebarbagem giratória
QU2-0107-00-0025	Patela inferior do cilindro	Suporte dos cilindros	2	Oxicorte + Rebarbagem
QU2-0107-00-0024	Patela superior do cilindro	Suporte dos cilindros	2	Oxicorte + Rebarbagem
QU2-0104-00-0058	Cutelos interiores	Suporte dos cilindros	2	Oxicorte + Quinadora
QU2-0104-00-0080	Cutelo exteriores	Suporte dos cilindros	2	Oxicorte + Quinadora
382500020	Chapa polida ESP 2	Corpo da estrutura	4	Guilhotina
QU1-0159-02-0017	Chapa 10x150x200	Régua de Esbarro	2	Guilhotina
110203034	Tubo Rect. 200 x 100 x 4 L=2465	Régua de Esbarro	1	Serrote
381700140	Perfil U 140-St33-NP338 L=2644	Corpo da estrutura	1	Serrote
383406140	Tubo Quad. 140x6 – St37.2 L=2644	Corpo da estrutura	1	Serrote
383406140	Tubo Quad. 140x6 – St37.2 L=2604	Corpo da estrutura	1	Serrote

Conhecidos os processos que cada peça percorre convém agora compreender o fluxo de materiais existente ao longo do chão-de-fábrica, por forma a melhor conseguir compreender a produção da estrutura da quinadora e acessórios. Devido à inexistência de uma lista de ferramentas existentes ao longo do chão-de-fábrica, esta foi elaborada, e pode ser consultada no Anexo C.

A figura 4.3 representa o *layout* utilizado nas instalações. As setas a azul permitem compreender o fluxo principal dos materiais, desde que entram nas instalações da fábrica sob

a forma de matérias-primas, até que as estruturas prontas são enviadas para as instalações do Porto.

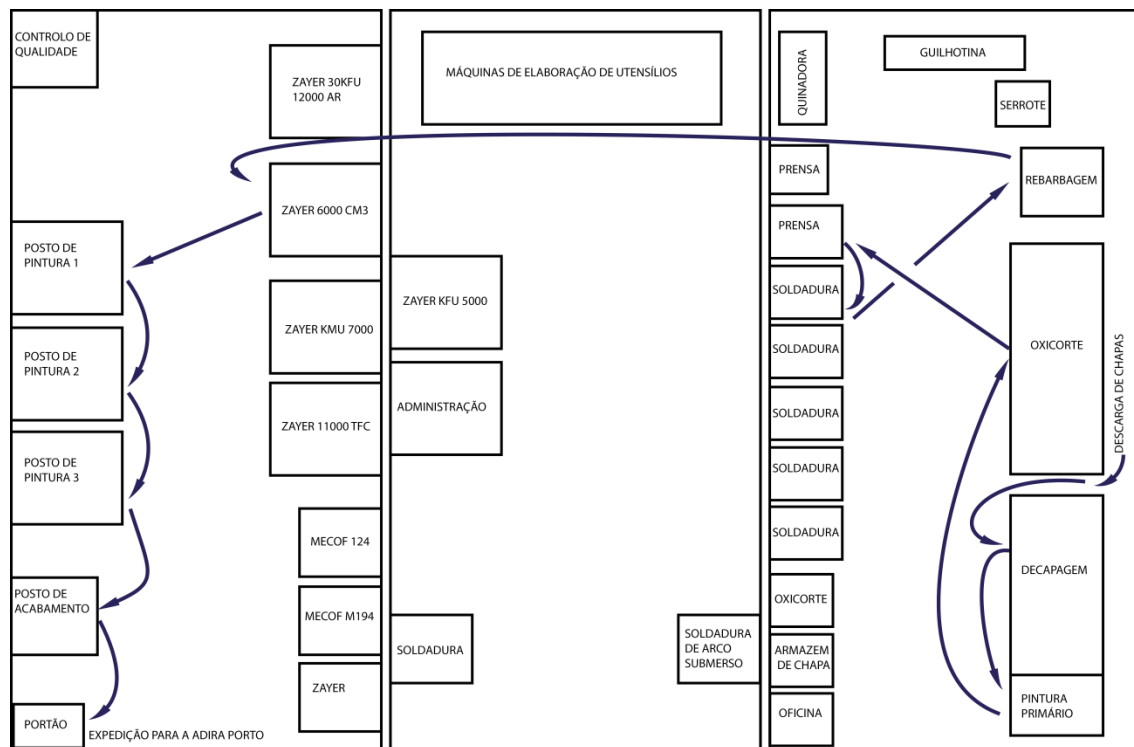


Figura 4.3 - Fluxo de materiais verificado para a produção da estrutura da quinadora

O fluxo acima demonstrado verifica-se para todas as estruturas produzidas excepto no que diz respeito à maquinagem.¹¹

A Zayer 6000CM³ é responsável pela maquinagem da estrutura principal. No que respeita à maquinagem, a régua de esbarro e a mesa são maquinados na Zayer KFU 5000. Por sua vez, o avental é maquinado na Zayer KMU 7000.

4.6 - Produção da PM Guimadira 13530

A quinadora permite dobrar chapas com o ângulo pretendido, bastando para tal inserir no programa os valores dos eixos e dos ângulos de quinagem.

Foram estudados todos os processos envolvidos na produção da estrutura da quinadora PM Guimadira 13530 e acessórios, desde que a chapa é recebida na fábrica de Gaia até que a estrutura *standard* é enviada para as instalações do Porto. Este estudo contempla os tempos de produção e os fatores energéticos e ambientais associados.

¹¹ O posto de acabamento não vai ser abordado pelo facto de apresentar tempos de ciclo muito pequenos e consumos energéticos residuais.

Para uma melhor compreensão foram estudadas as entradas e saídas de cada processo envolvidos na produção da estrutura da quinadora. Estas podem ser consultadas em detalhe no anexo D.

De seguida serão analisados os diversos processos estudados na produção da estrutura da quinadora. Neste estudo não são considerados os tempos *lead times* intermédios verificados entre cada processo.

4.6.1 - Decapagem

A decapagem é realizada em todas as chapas utilizadas para produção de peças, por forma a remover oxidações e impurezas orgânicas. A decapagem é do tipo abrasivo com recurso a granalha de aço com baixo teor em carbono.

As chapas são deslocadas do armazém para a decapagem com recurso a um carro de transporte manual, movido ao longo de uma calha e auxiliado pelo empilhador, realizando esse transporte em cerca de 6 minutos e 35 segundos.

Quando as chapas se encontram próximas da câmara de decapagem são lá colocadas com recurso a uma ponte rolante Tegopi de 10 toneladas em cerca de 1 minuto, podendo dar-se o início ao processo de decapagem.

Após a chapa estar pronta para ser decapada, o operador liga as quatro turbinas e a chapa começa a ser decapada.

Apesar da empresa trabalhar com decapagem de chapas com espessuras entre 16mm e 130mm serão apenas considerados os tempos de decapagem para as chapas usadas para a produção da quinadora PM Guimadira 13530.

O estudo do processo permitiu identificar os tempos associados à decapagem de cada uma das quatro chapas utilizadas. Esses tempos podem ser consultados na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Tempos associados ao processo de decapagem

Dimensões da chapa [milímetros]	Tempo de decapagem [minutos]	Tempo de transporte armazém - decapagem [minutos]
16x2500x12000	43	7,58
25x2500x12000	46	7,58
40x2500x12000	51	7,58
50x2500x12000	53	7,58

Como podemos verificar através da análise da tabela 4.3, o processo apresenta uma percentagem de valor não acrescentado de 13,58% resultante do transporte das chapas do armazém para a decapagem. Dos 223,32 minutos totais, apenas 193 representam valor acrescentado para o cliente.

O processo consome para a decapagem das chapas necessárias para a produção da estrutura da quinadora cerca de 54,75 quilogramas de granalha metálica. No entanto, verifica-se que cerca de 5% dessa granalha é desperdiçada pelos tubos corrompidos da câmara de decapagem.

4.6.2 - Pintura primária

Após a decapagem de cada chapa esta entra na câmara de pintura primária num fluxo contínuo, sem recurso a qualquer transporte. Esta pintura primária é dada para proteger a chapa da corrosão.

As chapas são pintadas a uma velocidade constante. Cada linha pintada pela pistola automática na câmara de pintura tem aproximadamente 25 centímetros. A máquina demora 12 segundos a pintar cada linha, 14 segundos a subir após a pintura de cada linha e 22 segundos a começar a pintar uma nova linha.

Este tempo de 22 segundos para recomeço de pintura de uma nova linha foi calculado, devido ao facto de a velocidade de movimentação do tapete de transporte da chapa ter velocidade inferior à velocidade de pintura. Caso o tempo de espera fosse inferior a 22 segundos ocorreria pintura sobre uma área parcialmente já pintada, o que causaria desperdício de recursos e pior qualidade na aplicação do primário.

Devido à linearidade deste processo, o comprimento da chapa é o fator influenciador da duração da pintura do primário.

A tabela 4.4 apresenta os tempo associados à pintura primária de cada chapa.

Tabela 4.4 - Tempos de pintura de primária

Dimensões da chapa [milímetros]	Tempo de pintura [minutos]
16x2500x12000	72
25x2500x12000	72
40x2500x12000	72
50x2500x12000	72

Devido ao facto de todas as chapas terem o mesmo comprimento, podemos verificar que do total de 288 minutos, o tempo de pintura primária para cada chapa é igual.

Os consumíveis da pintura primária são primário P235 Alfatin e endurecedor poliuretano E58. Para a pintura primária das quatro chapas são consumidas duas latas de 13,2 litros de primário e 1 lata de 6,6litros de endurecedor.

Considerou-se neste processo a situação em que a chapa é pintada dos dois lados, por corresponder à situação mais recorrente no processo produtivo.

4.6.3 - Oxicorte

O oxicorte é uma técnica utilizada para o corte de objetos metálicos. Na empresa de Gaia é utilizado para o corte das chapas para produzir as peças necessárias para a estrutura da quinadora. As chapas são cortadas por erosão térmica, onde a chapa é aquecida e submetida a um jato de oxigénio causando oxidação. Na mistura com oxigénio para o corte da chapa é usado gás de cidade.

Após a decapagem das chapas estas são transportadas para o processo de oxicorte e vulgarmente oxicortadas nas duas máquinas Messer Griesheim.

As instruções de trabalho indicam a quantidade de peças que devem ser produzidas, bem como a respectiva ordem de produção.

Apesar de existirem três máquinas de oxicorte apenas duas se encontram em funcionamento constante. A máquina mais antiga, de 1977, apenas é pontualmente utilizada para corte de peças de pequena espessura, também devido apenas à existência de um operador para o oxicorte.

Foi desprezada na medição a distinção entre as duas máquinas de oxicorte. Devido às características que estas apresentam, assumiu-se que o oxicorte era efetuado numa mesma máquina.

Na empresa a produção é *every part every day*, o que significa que numa mesma chapa sejam cortadas peças para diversos produtos. Desta forma, para contabilizar o tempo associado ao oxicorte para a estrutura da quinadora, é necessário medir o tempo de corte para cada peça desta.

Os tempos associados a cada atividade do oxicorte foram medidos e podem ser consultados na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Tempos associados ao processo de oxicorte

Tarefa	Duração [minutos]	Frequência
Transporte pintura primária – Oxicorte	7	4
Posicionar chapa	5	4
Dar coordenadas à máquina	4	4
Oxicorte	358,38 ¹²	1
Limpeza e calibração do oxicorte devido a fugas	20	4
Transporte Oxicorte – Desempeno	6	13

Verificou-se ao longo das medições ao longo do chão-de-fábrica que a velocidade de corte é variável em função da espessura da chapa. As velocidades para cada espessura de chapa podem ser consultadas na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Velocidade de corte das chapas no processo de oxicorte

Espessura da chapa [milímetros]	Peso da chapa [quilogramas]	Velocidade de corte [$\frac{\text{metros}}{\text{minuto}}$]
16	3700	0.490
25	5500	0.410
40	9450	0.350
50	11000	0.310

Apesar de estas serem as velocidades utilizadas no corte, verifica-se que devido à falta de manutenção das mangueiras do oxicorte, e devido à grande quantidade de fugas existentes, por vezes existem reduções de velocidade no corte de aproximadamente 5,4%.

¹² Os tempos de oxicorte para cada peça podem ser consultados em detalhe no anexo E.

Ao longo das medições associadas ao processo de oxicorte, analisou-se igualmente o aproveitamento e retalho para cada tipo de chapa ao longo do processo.

A tabela 4.7 evidencia o aproveitamento verificado para as diferentes chapas.

Tabela 4.7 - Aproveitamentos e retalhos verificados no processo de oxicorte

Espessura da chapa [milímetros]	Aproveitamento da chapa [percentagem]	Retalho [percentagem]
16	85,1	89,4
25	79,8	81,9
40	87,1	91,2
50	85,9	93,6

Verificou-se um aproveitamento médio das chapas de 84,5% e um retalho de 89%.

Analisando os desperdícios totais das chapas, verificou-se que são vendidos à siderurgia cerca de 4215 kg, do total de 29650 kg comprados. Esses 14,22% de chapa são vendidos à siderurgia sob a forma de sucata a €0.32/kg, rendendo à empresa 1348,8€.

Por forma a maximizar o aproveitamento e retalho das chapas, para minimizar as perdas resultantes da necessidade de vender a chapa a metade do preço sob a forma de sucata, por vezes são produzidas uma enorme quantidade de peças, muitas das vezes desnecessárias num futuro próximo. Verificou-se ao longo do chão de fábrica a existência de cerca de 829 peças oxicortadas como *stock* e *WIP* e centenas delas não têm utilidade num futuro próximo.

Na figura 4.4 podemos verificar um exemplo da grande quantidade de *stock* existente.



Figura 4.4 - exemplo de *stock* existente nas instalações

A escória resultante do oxicorte cai para recipientes, colocados estrategicamente para o efeito. Quando os recipientes estão cheios, essa escória é vendida à siderurgia a 50€/tonelada. A última limpeza do oxicorte, rendeu à empresa um total de 700€ devido à venda de um total de 14 toneladas de escória à siderurgia.

Devido ao facto de os recipientes apresentarem longos tempos de enchimento, não foi possível quantificar a quantidade de escória resultante.

Verificou-se por fim, que o processo utiliza para o oxicorte, acetileno e oxigénio. Quanto ao oxigénio foi detetado o consumo de 300 quilogramas por cada estrutura de quinadora produzida. Devido à falta de ferramentas, não foi possível precisar a quantidade de acetileno consumido pelo processo.

4.6.4 - Prensa

No processo de desempenho um conjunto de peças oxicrotadas são desempenadas para que se garanta a qualidade da estrutura da quinadora a ser montada.

Apesar de 13 peças em condições normais serem desempenadas, raramente se verifica esse desempenho. Ao longo da visita ao chão de fábrica, apenas se verificou o desempenho de 10 dessas 13 peças.

Este processo inicia-se com a limpeza da escória proveniente do processo de oxicrote. Após essa limpeza efetuada, as chapas são desempenadas com recurso a uma prensa.

A figura 4.8 sintetiza os dados associados ao processo de desempenho.

Tabela 4.8 - Peças desempenadas em condições ideais

ID	Descrição da peça	Efeito	Quantidade [unidades]	Desempeno	Tempo de limpeza [minutos]	Tempo de desempenho [minutos]
QU2-0102-00-0055	Chapa do montante	Corpo da estrutura	2	Sim	5,18	68,22
QU2-0102-00-0056	Suporte postigo da guiagem	Corpo da estrutura	4	Sim	4,25	48,36
QU2-0103-00-0041	Chapa avental fixo	Corpo da estrutura	1	Não	-	-
QU2-0103-00-0042	Reforço avental fixo	Corpo da estrutura	1	Sim	2,24	22,36
QU2-0103-00-0043	Calço das cunhas	Corpo da estrutura	2	Sim	1,48	20,44
QU2-0121-00-0025	Chapa do avental móvel	Corpo do avental móvel	1	Sim	3,33	26
QU1-0159-03-0013	Chapa 16x60x2465	Régua de esbarro	2	Não	-	-

Podemos verificar através da tabela 4.8 que o desempenho das peças ao longo do processo demora cerca de 3 horas e 22 minutos. Verificou-se no entanto que ao longo deste processo grande parte do tempo é ocupado na movimentação das peças, movimentação do eixo da prensa e inclinação da peça para o desempenho. Do tempo total associado ao desempenho, apenas cerca de 2,77% do tempo, ou seja, apenas 5min e 36 segundos foram efetivamente de desempenho das peças e valor acrescentado para o cliente.

4.6.5 - Soldadura

A soldadura por arco é um processo que visa a união das diferentes peças por forma a construir a estrutura da quinadora. Esta soldadura é efetuada com recurso a máquinas de soldar praxair actual 606b.

O processo de soldadura é efetuado vulgarmente com intensidades de corrente de saída superiores a 250 *ampéres* e valores de tensão de saída superiores a 300 *volts*.

Em cada posto de soldadura existe uma ote para a expelição de gases, no entanto não é normalmente utilizada.

Os tempos associados ao processo de soldadura encontram-se presentes na tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Tempos associados ao processo de soldadura da estrutura da quinadora

Tarefa	Duração [minutos]	Valor acrescentado [minutos]
Transportes totais desempenho – Soldadura	45	0
Soldadura de montantes	480	356
Pingar avental	15	15
Pingar tubos de suporte	30	30
Acabamento da soldadura da estrutura	540	380
Tempos de paragem	230	0
Transporte Soldadura – Rebarbagem	10	0

Através da análise da tabela 4.9 podemos verificar uma percentagem de valor acrescentado de 64,09%.

Para o processo de soldadura a arco é utilizado fio SG2 com revestimento a cobre que respeita as normas EN13479 e ISO 14341. A soldadura de uma estrutura da quinadora implica um consumo estimado de 45,28 quilogramas de fio.

4.6.6 - Rebarbagem

Após a soldadura da estrutura completa, esta é movimentada para o processo de rebarbagem. A soldadura deixa pequenas aparas, rebarbas, saliências e pequenos bocados de solda. A rebarbagem por meio abrasivo esmerila a quinadora, eliminando os vestígios da soldadura. Este processo funciona como um primeiro método de acabamento da estrutura da quinadora.

O processo de rebarbagem apresenta um tempo muito variável uma vez que é muito dependente do estado das peças que vêm da soldadura.

O processo de rebarbagem apresenta também uma grande variabilidade uma vez que é planeado em função do prazo de entrega da estrutura da quinadora. No caso de a produção se encontrar atrasada, a estrutura da quinadora é rebarbada como um todo após ser soldada.

Idealmente as peças da quinadora são rebarbadas individualmente antes do processo de soldadura.

Na tabela 4.10 são apresentados os dados associados ao processo, considerando a rebarbagem individual das peças antes do processo de soldadura.

Tabela 4.10 - Tempos associados ao processo de rebarbagem para as peças identificadas

ID	Descrição da peça	Quantidade [unidades]
QU2-0102-00-0056	Suporte postiço da guiagem	4
Barra 920x40x50	-RSt37.1-DIN17100	4
QU2-0107-00-0024	Patela superior do cilindro	2
QU2-0107-00-0025	Patela inferior do cilindro	2

Tempo de movimentação soldadura - rebarbagem [minutos]	Tempo total de rebarbagem [minutos]	Tempo de transporte rebarbagem – maquinagem [minutos]	Total de valor acrescentado [percentagem]
53	60	30	61,8

4.6.7 - Maquinagem

Após o término da soldadura e rebarbagem, a estrutura da quinadora vai ser maquinada para ser posteriormente pintada e transportada para a fábrica do Porto para a montagem final da quinadora.

A maquinagem é o processo responsável pelo tratamento da estrutura da quinadora.

A máquina a ser escolhida para a maquinagem, varia conforme as dimensões da máquina e da peça a ser maquinada.

A Zayer 6000CM³ é a máquina responsável pelas várias atividades como furação e roscagem, fresagem, maquinagem e roscagem na estrutura da quinadora PM Guimadira 13530.

A tabela 4.11 evidencia os tempos associados à maquinagem da estrutura da quinadora.

Tabela 4.11 - Tempos associados ao processo de maquinagem

Tarefa	Duração total [minutos]	Valor absoluto [percentagem]	Valor da atividade
Posicionamento	65,93	6,70%	Não acrescentado
Tempos de espera	44,05	4,48%	Não acrescentado
Troca de ferramentas	101,17	10,28%	Não acrescentado
Cabeço	43,18	4,39%	Não acrescentado
Tempo de trabalho da máquina	729,7	74,15%	Acrescentado
Tempo total de produção da Quinadora [minutos] - 984,03			
Taxa de utilização da máquina [percentagem] - 74,15			
Tempo de transporte maquinagem – pintura [minutos] - 6			

Neste processo, o operador regista por vezes os tempos gastos em manutenções não planeadas e tempos de paragem inferiores a 5 minutos, bem como avarias verificadas. Esse

facto aliado ao facto de as ferramentas irem sendo melhoradas gradualmente, contribuem para que o tempo de valor não acrescentado vá sendo cada vez menor.

Verifica-se ao longo deste processo o SMED em quase todas as trocas de ferramentas. No total de trocas de ferramentas verificadas neste processo, apenas a colocação do cabeço pequeno verificou tempos superiores a 10 minutos. Esta troca de ferramenta demorou 19,38 minutos.

O processo utiliza água para refrigeração das ferramentas ao longo do seu funcionamento. O caudal da água verificado foi de 0,86 litros/minuto pelo que para o tempo total de maquinagem prevê-se um consumo de 627,52 litros de água.

No entanto para este processo, a água é quase aproveitada na totalidade. A água que é usada é filtrada no processo, para ser separada das limalhas resultantes da maquinagem e retorna ao depósito de 100 litros, para ser de novamente reutilizada.

A figura 4.5 ilustra a estrutura da quinadora no processo de maquinagem na Zayer 6000CM³.



Figura 4.5 - Estrutura da quinadora no processo de maquinagem

A Zayer 6000CM³ partilha com a Zayer 30KCU 12000AR um depósito para a limalha resultante do processo de maquinagem. Após análise dos resíduos produzidos pela Zayer 6000CM³, verificou-se a produção de cerca de 16,7 quilogramas de limalha por cada estrutura de quinadora produzida. A limalha produzida por esta e por todas as outras máquinas é vendido à siderurgia a cerca de 0.30€/quilograma, rendendo cerca de 5,01€.

4.6.8 - Pintura

O processo de pintura é um processo dividido em três etapas. Neste processo a estrutura da quinadora é preparada e pintada.

O processo ocorre numa estufa de pintura para garantir uma melhor qualidade da pintura, menor poluição do ambiente e uma secagem mais rápida da estrutura.

Para uma melhor compreensão do processo de pintura foram estudados os tempos associados a cada etapa.

A tabela 4.12 sintetiza a duração de cada uma dessas etapas.

Tabela 4.12 - Tempos associados às várias etapas do processo de pintura

Posto de Pintura	Operadores	Duração [minutos]	Tarefas
1	1	50	Polir e macejar estrutura da quinadora
2	1	150	Lavar com diolente e dar massa na quinadora
3	2	420	Pintar estrutura da quinadora

Relativamente ao processo de pintura não foi possível quantificar qual o tempo de valor acrescentado associado a cada atividade, ao longo dos 620 minutos, na medida em que os processos decorriam em câmaras de pintura isoladas, interditas a pessoal externo ao serviço.

Os recursos utilizados no processo de pintura são essencialmente o diluente e a tinta de esmalte-poliuretano tintaauto.

Ao longo das três fases da pintura da quinadora está previsto o consumo de 10 litros de diluente tintaauto e 25 litros de tinta tintaauto.

4.7 - Processos secundários

Existem processos que embora sejam fundamentais para a produção da estrutura da quinadora, não fazem parte do fluxo principal de produção desta. A maquinaria de acessórios é também um processo secundário que será abordado nesta secção.

4.7.1 - Serrote

O serrote é responsável pelo corte de tubos retangulares e perfis em U usados na estrutura da quinadora.

As peças a serrar são movidas do *stock* para o serrote, onde é efetuada a medição do tamanho da peça a cortar.

Para a refrigeração do serrote é utilizada uma mistura de óleo com água. Essa mistura para refrigeração apresenta um fluxo de 1,71 litros/minuto e é parcialmente aproveitada. As perdas verificadas através das fissuras dos materiais cortados, implicam a necessidade de adição de 10 litros de água e 10 litros de óleo por semana, ou seja, cerca de 1,8 litros por cada estrutura de quinadora.

No processo de serragem são cortados essencialmente tubos para a base da estrutura da quinadora e para acessórios da quinadora.

Os tempos associados ao corte das peças pode ser visualizados na tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Tempos associados ao corte no serrote

ID	Descrição da peça	Comprimento [milímetros]	Quantidade pretendida [unidades]	Quantidade [Quilogramas]	Duração [minutos]
110203034	Tubo rectangular 200x100x4 ST37.2	2465	1	indisponível	1,89
381700140	Perfil U 140-ST33-NP38	2644	1	42,3	1,67
383406140	Tubo Quadrangular 140x6 -St37.2	2644	1	64,8	2
383406140	Tubo Quadrangular 140x6 -St37.2	2604	1	63,8	2
Tempo total de preparação [minutos] - 12,38					
Tempo total de transportes [minutos] - 10,93					
Distância percorrida em transportes [metros] - 210					
Tempo total de corte [minutos] - 7,57					
Valor acrescentado [percentagem] - 24,51					

4.7.2 - Guilhotina

A guilhotina tem como função o corte de chapa de pequenas espessuras. Para tal basta indicar à máquina as coordenadas onde esta deve efetuar o corte. A tabela 4.14 apresenta a lista das chapas que são cortadas na guilhotina para a construção da estrutura da quinadora.

Tabela 4.14 - Lista de chapas cortadas na guilhotina

ID	Descrição da peça	Quantidade [unidades]
QU1-0159-02-0017	Chapa 10x150x200	4
382500020	Chapa polida ESP 2	Subcontratado

O tempo total do corte das chapas é de 8 minutos. Normalmente o transporte, preparação e corte de cada chapa demora cerca de 2 minutos, e o valor acrescentado é apenas cerca de 6 segundos, o que representa um valor acrescentado total de apenas 5%.

4.7.3 - Quinadora

A quinagem é um processo através da qual a quinadora deforma plasticamente a chapa permitindo moldá-la com a forma pretendida. A quinagem é um processo semi-automático que necessita apenas das coordenadas onde a quinagem deve ser efetuada. A tabela 4.15 apresenta a lista de materiais quinados neste processo.

Tabela 4.15 - Chapas trabalhadas no processo de quinagem

ID	Descrição da peça	Quantidade [unidades]
----	-------------------	-----------------------

QU2-0104-00-0058	Cutelos interiores	2
QU2-0104-0E-0080	Cutelo exteriores	2

Este processo apresenta um tempo de valor acrescentado de apenas 8,33%, uma vez que para cada um dos cutelos quinados o tempo total efetivo de transporte e quinagem é de 3 minutos e o tempo de valor acrescentado é de apenas 15 segundos.

4.7.4 - Rebarbagem giratória

A rebarbagem giratória é um processo que consiste no movimento giratório de um recipiente com peças de pequenas dimensões. Ao longo de 30 minutos essas peças vão girando e chocando entre si ficando rebarbadas. Neste processo é apenas consumida eletricidade.

A tabela 4.16 apresenta uma listagem das peças rebarbadas na rebarbagem giratória.

Tabela 4.16 - Peças rebarbadas de forma giratória

ID	Descrição da peça	Quantidade [unidades]
QU2-0123-00-0018	Reforço do avental móvel	2
QU2-0102-00-0058	Patela da guiagem	2
QU2-0107-00-0024	Patela superior do cilindro	2
QU2-0105-00-0006	Sapata	2
QU2-0104-00-0059	Reforço interior	2

4.7.5 - Maquinagem de acessórios

O estudo principal do processo de maquinagem foca-se na estrutura da quinadora realizado na Zayer 6000CM³. No entanto, num fluxo paralelo verifica-se a maquinagem de acessórios utilizados na quinadora montada mais tarde nas instalações do Porto.

O estudo deste processo foca-se essencialmente na medição do tempo de funcionamento da máquina para cada peça para análise dos consumos energéticos associados a este mesmo funcionamento.

A tabela 4.17 mostra o tempo de maquinagem para os acessórios da estrutura da quinadora.

Tabela 4.17 - Tempos médios de maquinagem da mesa, régua de esbarro e avental móvel

Descrição da peça	Tempo de maquinagem [minutos]
Mesa	240
Régua de esbarro	720
Avental móvel	660

Estes acessórios são maquinados neste processo e posteriormente enviados para a empresa do Porto juntamente com a estrutura da quinadora para a montagem efetiva da quinadora.

Neste processo o consumo de água para refrigeração das ferramenteas é em tudo igual ao existente na maquinagem da Zayer 6000CM³. Quanto à produção de limalha, verifica-se na maquinagem de acessórios a produção de cerca de 15,2 quilogramas de limalha de crómio-níquel, que vendida à siderurgia a 0.30€/quilograma rende cerca de 4,56€.

4.8 - Recursos Gerais

Existem diversos recursos que são partilhados pelos diversos processos, pelo que não pertencem unicamente a um só. Estes recursos são vulgarmente móveis pelo que podem ser utilizados em qualquer processo.

Mediu-se o uso de cada recurso ao longo de um período, e estimou-se o consumo relativo a cada estrutura de quinadora produzida. Os valores dos consumos de cada recurso no chão-de-fábrica foram medidos e estimados por cada quinadora produzida e podem ser consultados na tabela 4.18.

Tabela 4.18 - Consumos de recursos gerais por cada estrutura de quinadora produzida

Recurso	Consumíveis	Quantidade utilizada [unidades]	Tempo total acumulado [horas]	Consumo total [KWh]	Consumo total [Quilogramas]	Consumo total [Litros]
Iluminação	Eletricidade	292 lâmpadas de 250W	5,48	400,04	-	-
Pontes Rolantes Tegopi	Eletricidade	9	21,37	341,9	-	-
Soldadura de Corte	Acetileno	2	1,25	-	3,65	-
Corgon	Botijas de Corgon	12	16,97	-	-	111 ¹³
Empilhador Toyota D52 – 8FD30 / 2007	Gasóleo	2	2,74	-	-	3,65

4.9 - VSM

Após a análise de todos os fatores temporais associados aos vários processos de produção da estrutura da quinadora e acessórios e descrição dos vários processos através do levantamento da informação pelo chão-de-fábrica, estamos agora em condições de elaborar um VSM que reflita a situação real relativa à sua produção.

¹³ Estimou-se que dos 600 litros de Corgon consumidos, quinadoras, guilhotinas e lasers, representavam um igual consumo.

A figura 4.6 representa a situação da empresa em termos temporais para a estrutura da quinadora, não contemplando ainda os consumos de recursos nem os *lead times* intermédios entre processos.

Devido à grande quantidade de fornecedores que a empresa possui, era inviável a representação destes no mapa.

DATE	24/08/2013	TITLE	VSM Económico
FILENAME	2 MAPAS.VSD	DESCRIPTION	
REVISED	02/09/2013	Modelo:	Quinadora Guimadira PM13530

Demand A	4	Item	Wk
----------	---	------	----

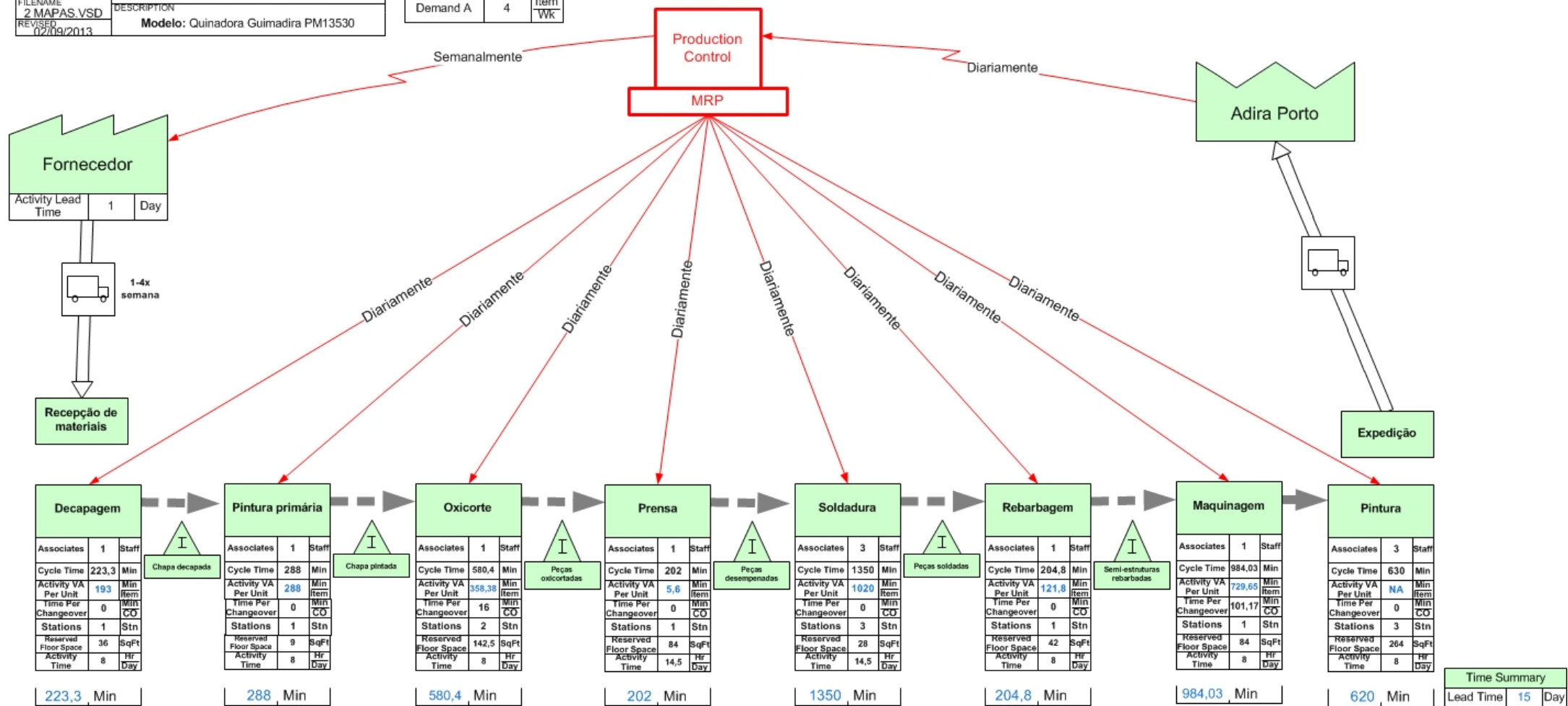


Figura 4.6 - VSM económico da empresa

4.10 - Medição dos consumos energéticos

A manufatura apresenta consumos significativos no que à energia diz respeito.

A Trojan Battery Company, através do recurso ao VSM extendido aos fatores energéticos e ambientais conseguiu reduzir a intensidade energética em 33% em quatro meses, poupando 1.283.639 kWh e \$100.000 por ano em custos energéticos.

Por sua vez a Packaging Plus LLC aumentou a produtividade em 41% e reduziu 613,6 kWh no consumo de energia, levando a poupanças de \$61,000 por ano, através da aplicação do VSM às questões ambientais [28].

Foram anteriormente apresentados os dez processos com maiores oportunidades de melhoria a nível ambiental, e como foi verificado, decorrem na empresa estudada muitos desses processos, o que implica que esta apresente elevados consumos energéticos, e grande oportunidade para redução dos impactos ambientais e consumo energético.

A extensão do VSM ao ambiente permite não só compreender quais os recursos naturais usados em cada processo, como também analisar os consumos energéticos existentes, que servem de base a melhorias nos consumos existentes.

Para medição dos consumos energéticos devia em condições ideais ser utilizado um *data logger*. O dispositivo conectado a uma máquina, permitiria registar o seu consumo ao longo do tempo.

Devido à inexistência de tal aparelho para a medição, foi utilizada uma pinça amperimétrica. A pinça amperimétrica permite analisar individualmente a intensidade de corrente e o valor da tensão da entrada instantâneos da máquina no seu funcionamento.

Desta forma, a observação em vários momentos do funcionamento da máquina permitiu aproximar os consumos de potência verificados pelas diferentes máquinas, nos diferentes processos.

As máquinas da empresa funcionam a 400 volts de entrada, pelo que a medição da intensidade de corrente em *stand-by* e em funcionamento constante das máquinas permite estimar o consumo associado a cada máquina e a cada processo. Para esta medição foram desprezados devido à falta de ferramentas adequadas, os elevados valores de corrente verificados no arranque das máquinas.

Sendo a tensão um valor constante e as máquinas trifásicas com fases equilibradas, através da fórmula: $P = \sqrt{3} * V * I$ e da medição da corrente numa fase conseguimos obter o valor aproximado da potência consumida por cada máquina.

Os consumos efetivos das várias máquinas podem ser consultados na tabela 4.19.

Tabela 4.19 - Consumo horários de cada processo

Processo	Consumo em stand-by [KWh]	Consumo em funcionamento constante [KWh]
Decapagem	0	45,864
Pintura Primária	0	1,025
Oxicorte	0,410	1,801
Prensa	9,353	14,410
Soldadura	1,454	19,745
Rebarbagem	0	2,2
Maquinagem Zayer 6000CM ³	4,018	7,551
Pintura	29,098	43,509
Serrote	0	13,856
Guilhotina	0	14,202
Quinadora	0	18,567
Rebarbagem Giratória	0	2,078
Maquinagem Zayer KFU 5000	4,018	7,551

Possuindo os consumos verificados pelas diferentes máquinas estamos agora em condições de calcular os consumos totais de cada máquina para a produção da estrutura da quinadora PM Guimadira 13530 e da respetiva mesa e régua de esbarro.

A tabela 4.20 apresenta os consumos totais associados aos diferentes processos, bem como a potência desperdiçada ao longo de cada processo.

Tabela 4.20 - Consumos verificados para a estrutura da quinadora e acessórios

Processo	Consumo total para produção [KWh]	Potência desperdiçada em valor não acrescentado [KWh]
Decapagem	147,5	0
Pintura Primária	4,9	0
Oxicorte	10,9	0,2
Prensa	32,0	30,6
Soldadura	260,1	6,1
Rebarbagem	7,0	0
Maquinagem	91,8	17,0

Zayer 6000CM ³		
Pintura	305,2	NA ¹⁴
Serrote	1,4	0
Guilhotina	0,2	0
Quinadora	0,3	0
Rebarbagem		
Giratória	1,0	0
Maquinagem		
Zayer KFU 5000 ¹⁵	179,2	28,0
<hr/>		
Σ da potência total consumida:	Σ da potência total desperdiçada:	
1041,5 KWh	81,9 KWh	

Como podemos verificar o desperdício energético verificado não é muito significativo, representando 7,9%, dos consumos totais, não contando no entanto com o desperdício verificado no processo de pintura. Verificaremos adiante que pequenas alterações nos processos e hábitos dos trabalhadores, podem contribuir para a diminuição do consumo energético verificado.

4.11 - Emissões de CO₂

A indústria metalúrgica é responsável pela emissão de enormes quantidades de CO₂ para a atmosfera.

Desde que as chapas de aço são produzidas até que a estrutura da quinadora se encontra na empresa do Porto, são diversas as fontes de emissão de CO₂ para a atmosfera.

Podemos verificar emissões de CO₂ para a atmosfera essencialmente na produção de aço, no consumo de energia, e nos transportes das chapas dos produtores de aço para a fábrica de Gaia e do transporte da estrutura da quinadora e acessórios para a fábrica do Porto.

A produção de uma tonelada de aço implica a emissão de 1,8 toneladas de CO₂ para a atmosfera [42].

As emissões verificadas para a produção da estrutura da quinadora podem ser verificadas na tabela 4.21.

¹⁴ Apesar das medições e verificação de qual o consumo das estufas em *stand-by* não foi possível mapear as atividades dos pintores dentro da estufa, pelo que não foi possível identificar a potência desperdiçada.

¹⁵ O valor da potência consumida foi calculado admitindo que o fator de utilização da Zayer KFU 5000 era igual ao da Zayer 6000CM³

Tabela 4.21 - Emissões de CO₂ devido à produção de aço

Espessura da chapa [milímetros]	Peso da chapa [quilogramas]	Emissões de CO ₂ [toneladas]
16	3700	6,66
25	5500	9,90
40	9450	17,01
50	11000	19,80
Total de emissões de CO ₂ por estrutura de quinadora produzida [toneladas] - 53,37		

Por outro lado, a produção de energia implica também a emissão de CO₂ para a atmosfera. Segundo a EPA, por cada KWh de energia produzida verifica-se uma emissão de cerca de 0,859 kg de CO₂ para a atmosfera [43].

Como se pôde verificar, a produção da estrutura da quinadora e acessórios implica um consumo de 1123,4 KWh, ao longo dos vários processos, e cerca de 741,9 KWh em recursos gerais. Os 1783,4 kWh de energia total consumida, implicam a emissão de 1531,9 quilogramas de CO₂ para a atmosfera.

O transporte das chapas do fornecedor para a fábrica Gaia, bem como o transporte da estrutura da quinadora e acessórios para a fábrica do Porto, implicam a emissão de CO₂ para a atmosfera. No entanto estes valores não foram considerados devido à pouca relevância que apresentam em termos absolutos.

4.12 - VSM ambiental

Foram analisados os tempos associados à produção da estrutura da quinadora e acessórios, medidos os consumos energéticos, emissões de dióxido de carbono, e recursos consumidos e desperdiçados em cada processo. Verificou-se no entanto ao longo da visita ao chão-de fábrica existe um sub-aproveitamento do espaço físico das instalações, bem como a existência de ruído prejudicial ao bem estar dos operadores ao longo dos processos. Estes fatores foram incorporados no VSM ambiental, para posterior análise e proposta de melhorias futuras.

Para além dos dados acima mencionados, procurou-se quantificar a quantidade de defeitos e retrabalho associados a cada processo, no entanto, não existem registos que suportem a sua quantificação.

A figura 4.7 sintetiza toda a informação relativa ao processo produtivo em termos económicos e ambientais.

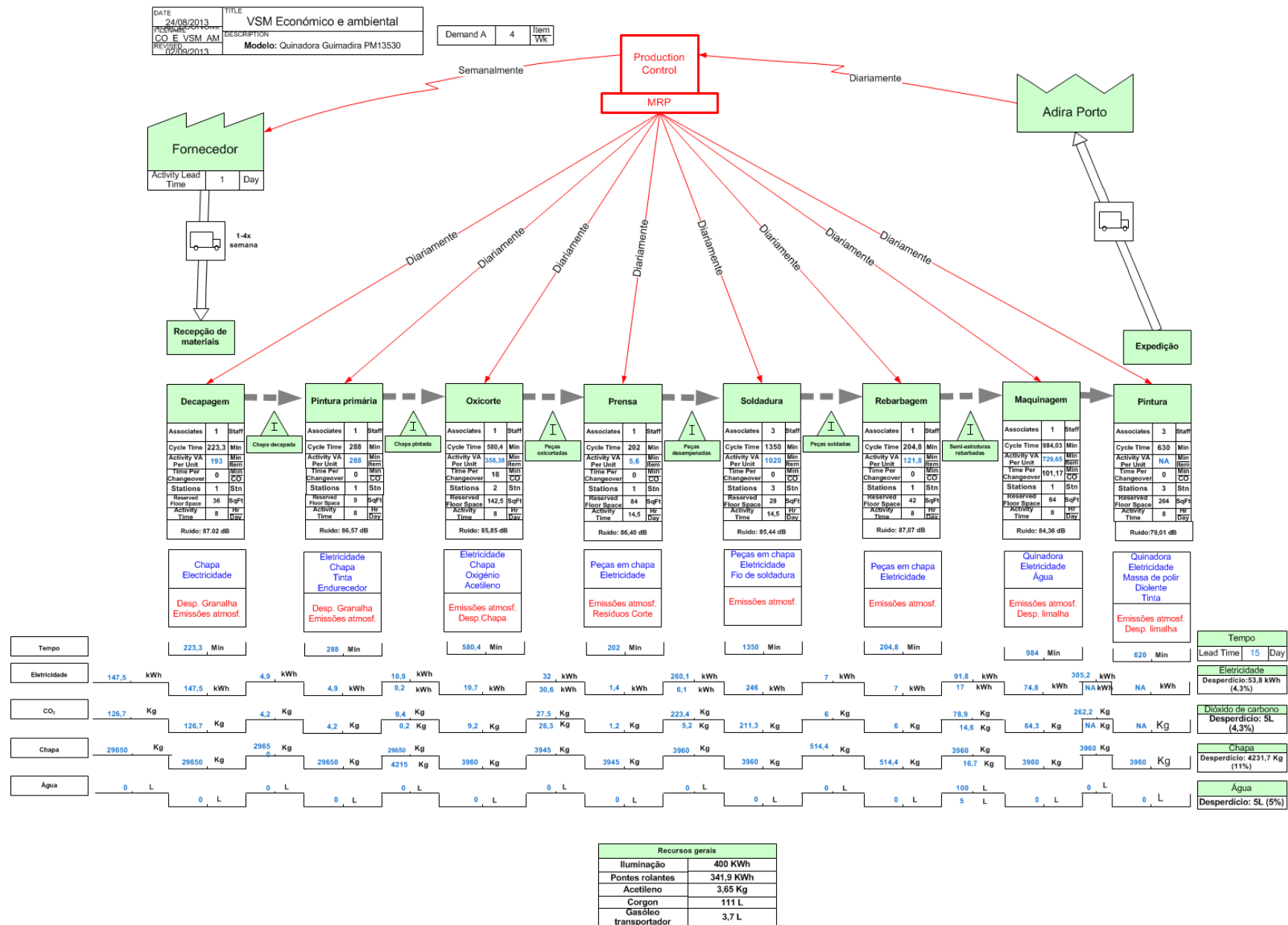


Figura 4.7 - VSM ambiental da empresa

Capítulo 5

Melhorias e mapa de estado futuro

Este capítulo aborda algumas recomendações para uma melhoria do processo produtivo da empresa em estudo.

As recomendações contribuem para melhor aproveitamento de recursos, espaço físico das instalações, bem como diminuição do consumo energético e emissões de CO₂.

As melhorias sugeridas serão incorporadas num mapa de estado futuro.

5.1 - Sugestões de melhoria

Ao longo do estudo foram identificadas diversas oportunidades de melhoria, tanto a nível dos processos, como a nível dos recursos gerais. As sugestões de melhoria serão de seguida apresentadas.

5.1.1 - Melhoria nos processos

Ao longo do estudo executado foram identificadas diversas oportunidades de melhoria.

Na produção da quinadora são usadas chapas de quatro espessuras diferentes, entre elas a chapa de 16mm. No que à estrutura da quinadora PM Guimadira 13530 diz respeito, verifica-se que é efetuada a decapagem de chapas de 16 mm de espessura para que sejam cortadas apenas duas chapas 16x60x465 para a régua de esbarro. A substituição dessas chapas por chapas 25x60x465 implica a diminuição de 49,58 minutos no processo de decapagem e redução no consumo de 13,69 kg de gralha. Essa mesma alteração leva à diminuição em 36 minutos na duração do processo de pintura primária, contribuindo ainda para a redução no consumo de 3,3 litros de primário e 1,65 litros de endurecedor. Com esta pequena alteração o processo de oxicorte é igualmente afetado. Esta alteração contribui para a diminuição em 36 minutos no processo de oxicorte, ou seja, 6,2%. Essa alteração leva ainda à diminuição no consumo de energia e emissões para a atmosfera.

Outra possibilidade seria a subcontratação das peças de 16x60x465 a outra empresa. O custo de mercado de cada peça é de 16 euros. A peça possui 18,5 quilogramas, pelo que só em matéria-prima, representa um custo de 11,1€.

Ao longo da visita ao chão-de-fábrica verificam-se perdas de até 5% no consumo total de granalha devido às enormes ruturas existentes nos tubos da câmara de decapagem.

Para além disso, por vezes existem chapas que necessitam de uma segunda decapagem devido à elevada oxidação que possuem. A substituição da granalha de baixo teor em carbono BVQI nº188717 usada por granalha de alto teor em carbono, apesar de perder cerca de 3% em durabilidade, apresentaria uma performance 38% superior, contribuindo para uma melhor decapagem e eliminando a necessidade de uma segunda decapagem.

O contacto com fornecedores de granalha permitiu ainda visualizar que a troca do uso de granalha por granalha de alto teor em carbono pode ainda reduzir o custo da granalha de 820€/tonelada para 760€/tonelada.

Quanto ao processo de oxicorte, verificou-se que este apresenta perdas de velocidade de cerca de 5,4% face à velocidade indicada. A manutenção constante faria com que o tempo de oxicorte das peças para a estrutura da quinadora tivessem uma redução de quase 20 minutos, contribuindo para a diminuição do consumo de oxigénio e acetileno e diminuição no consumo de energia em 0,6 KWh. O tempo atribuído ao processo oxicorte é constantemente inferior ao tempo que este necessita na realidade para oxicortar. O estudo elaborado contribuirá também para que esses tempos possam ser atualizados e mais realistas.

Também no oxicorte, diariamente o operador necessita de parar o corte de peças cerca de 1h30 antes do fim do turno para que as peças sejam transportadas para o posto seguinte.

Visto que a decapagem e pintura primária são um processo praticamente automático à responsabilidade do mesmo operador, o transporte das peças do oxicorte por parte deste, libertaria o operador do oxicorte para atividades que acrescentem valor para o cliente, aumentando assim a taxa de ocupação do operário da decapagem e aumentando o valor acrescentado conseguido pelo oxicorte que é um processo *core* na produção da estrutura da quinadora, na medida em que produz as peças que vão ser trabalhadas mais tarde nos vários processos.

Como anteriormente mencionado, o aproveitamento da chapa no oxicorte, nunca é superior a 90%, o que leva a que haja perdas de 50% do valor de compra nas centenas de quilogramas de aço que não são aproveitadas ao longo do processo. O redimensionamento das dimensões da chapa comprada, poderá contribuir para um maior aproveitamento da chapa e uma maior poupança monetária, bem como menores emissões de CO₂.

Nas instalações de Gaia, na nave A, existem 5 postos de soldadura. Não obstante, é muito pouco frequente encontrarem-se mais do que 3 em funcionamento. A movimentação do posto de reparagem para um dos postos de soldadura levaria a que os tempos dispendidos em transportes, e consumos energéticos associados à movimentação da ponte rolante, descessem consideravelmente, o que contribuiria também para a diminuição da emissão de dióxido de carbono.

Como acima mencionado verifica-se ao longo das instalações da fábrica uma enorme quantidade de *stock* e *WIP*. A criação de supermercados de peças nos postos de trabalho dos vários processos, com quantidades estrategicamente dimensionadas, levaria a que os postos anteriores apenas produzissem peças para alimentar este posto, contribuindo-se assim para a diminuição da produção de peças desnecessárias. Isto levaria a uma diminuição significativa do *stock* e *WIP* existente e movimentações desnecessárias, diminuição do consumo energético

desnecessário e emissões de CO₂, bem como levaria a uma resposta mais rápida ao cliente e a flutuações da procura. O mesmo se verifica para os processos da quinadora, serrote e guilhotina. A existência de supermercados nestes processos, levaria a que os tempos de valor não acrescentado descessem consideravelmente, tal como as movimentações e os erros.

Verificou-se também que no serrote existe semanalmente o desperdício de cerca de 20 litros de fluido de lubrificação, através das cavidades das estruturas serradas. A modificação da mangueira transmissora do fluido de lubrificação pode levar a que apenas a serra de corte seja lubrificada e assim se verifique uma eliminação do desperdício do fluido.

Na maquinaria são usadas pastilhas nas máquinas, que por vezes custam acima de 10€ e são desgastadas em poucos minutos devido à má utilização das máquinas, devido a falta de formação dada aos operários. O mesmo acontece com as ferramentas que custam centenas de euros, e que são desgastadas precocemente, devido ao uso negligente destas.

5.1.2 - Melhorias gerais

As propostas de melhorias previamente identificadas apesar de poderem afetar mais do que um processo, representam melhorias em processos específicos.

Nesta secção serão apresentadas melhorias mais gerais, que terão influências quer em todos os processos, quer em termos dos recursos gerais.

Na fábrica de Gaia são consumidos 400,04 KWh em iluminação por cada estrutura da quinadora produzida, através do consumo de 292 lâmpadas de vapor de mercúrio ovóides de 250W. A troca de todas as lâmpadas por lâmpadas *SMD E27E40 60W LED corn bulb*, levaria a que o consumo total de cada lâmpada descesse para 65W, e o consumo total para 104,01KWh, o que representaria uma redução de cerca de 74% no consumo de energia e de 254,29 quilogramas de CO₂. No caso de as lâmpadas serem instaladas em conjunto com sensores de movimentação levariam a que a poupança energética pudesse ser superior a 80%, devido principalmente ao facto de cerca de 75% da nave B estar constantemente sem qualquer ação. A aplicação em conjunto dos sensores de movimentação, implicaria a redução de 320,032KWh e 274,91 1quilogramas de CO₂ para a atmosfera por cada estrutura de quinadora produzida. Esta alteração contribuirá ainda para um aumento do tempo de vida de cada lâmpada em pelo menos 31,43%, relativos à troca de lâmpadas com uma duração média máxima de 24000 horas pela solução apresentada que apresenta duração média de 35000 horas.

As pontes rolantes representam igualmente um peso significativo no total de energia consumida. Segundo diversos estudos, o acionamento dos motores das pontes rolantes com inversores de frequência, permite ao motor iniciar com tensões reduzidas, e baixar as elevadas correntes de arranque devido aos contactores, na ordem de 5 ou 6 vezes a corrente nominal, minimizando assim o consumo energético total em cerca de 53%.

Esta melhoria permite que sejam consumidos menos 181,2 kWh e emitidos para a atmosfera menos 155,7 quilogramas de CO₂.

Existem diversos processos que apresentam elevados consumos energéticos em *stand-by*. Desligar estes equipamentos sempre que não estão a ser utilizados em vez de serem

permanecidos em stand-by, sempre que possível, contribuirá para a redução no consumo de dezenas de KWh ao longo da produção de uma quinadora, bem como diminuição significativa das emissões atmosféricas. Por cada estrutura produzida estima-se a poupança com esta alteração a poupança de 81,906 KWh e 70,36 quilogramas de CO₂ para a atmosfera.

A instalação de contadores digitais em cada processo que indiquem a intensidade de corrente e valor da tensão instantâneas, bem como o consumo energético verificado pela máquina, contribuem para a sensibilização da poupança energética. Desta forma, os operadores conseguem verificar que as máquinas apesar de estarem em *stand-by*, se encontram a consumir significativamente. Gerir o consumo energético diariamente em vez de mensalmente contribuirá igualmente para uma melhor gestão energética.

Para além da poupança energética, permitirá ser um forte auxílio na deteção de avarias e maus funcionamentos.

Apesar de a ausência de manutenção ter sido mencionada anteriormente, verificou-se ao longo do caso prático a existência de diversas avarias em maquinaria, que contribuíram para perda de capacidade produtiva. Uma manutenção mais regular das diversas máquinas contribuirá para um aumento da capacidade produtiva através da maior eficiência das diversas máquinas, bem como contribuirá para uma grande redução de custos.

Na grande maioria dos processos, nenhum operador anota os tempos de produção, troca de ferramentas, tempos de paragem, avarias e retrabalho. A anotação destes tempos e ocorrências, contribuirá para melhorar os tempos de valor acrescentado através da compreensão e eliminação do desperdício. Este fator ajudaria também ao aumento do tempo de utilização das máquinas no processo de maquinaria.

A taxa de inconformidades, e danificação de ferramentas não são igualmente anotados nos processos. A anotação destes fatores levaria à compreensão das razões de tal ocorrência, contribuindo para uma redução de custos associados ao trabalho dos operadores, consumos energéticos, recursos e tempos de espera.

A visita ao chão-de-fábrica evidencia a necessidade de implementação de 5S.

Apesar da existência de referência das diversas peças associadas a cada MP, ao longo das instalações é visível a existência de *WIP*, *stock*, desorganização e desperdícios dos processos que se apresentam como obstáculo ao fluxo de movimentação das peças através dos processos.

As ferramentas fundamentais ao trabalho dos operadores em grande parte das vezes encontram-se sem organização definida e pensada, o que obriga a que por vezes seja necessário percorrer grandes distâncias por parte dos operadores.

Por outro lado, por vezes é visível no chão-de-fábrica a existência de produtos acabados e armazenados ao longo das instalações que para além de representarem um obstáculo ao fluxo, podem facilmente danificar-se.

O armazenamento destes produtos apresenta uma localização variável ao longo do tempo.

Um exemplo dessas situações pode ser verificado na figura 5.1.



Figura 5.1 - Exemplos de necessidade de aplicação de 5S

A organização de peças, máquinas e ferramentas, bem como a delimitação das áreas específicas para cada máquina, ferramenta ou material, ambientes de trabalho organizados e limpos permitiriam uma melhor organização dos recursos, o que contribuiria para um menor tempo de valor não acrescentado como o tempo de troca de ferramentas, procura de materiais ou ferramentas, bem como levaria a um melhor fluxo de materiais. A aplicação dos 5S em conjunto com os supermercados contribuiriam igualmente para uma melhor organização do inventário.

Verificou-se através da visita ao chão-de-fábrica que o tempo total desde que se começa a produção de uma estrutura de uma quinadora até que acaba é de cerca de 15 dias, no entanto as instalações têm capacidade produtiva para efetuar este trabalho em apenas 5 dias, sendo um para corte e quinagem, um para soldadura, um para montagem, outro para maquinagem e outro para pintura. Este triplo de tempo verificado é justificado pelos atrasos existentes para produção de encomendas efetuadas anteriormente. A eliminação desses atrasos fará com que a velocidade de produção seja triplicada e ajustada à procura dos clientes.

Verificou-se igualmente ao longo dos vários processos existentes uma enorme poluição do ar e sonora. A exposição a intensidades de ruído superiores ou iguais a 80 dB, coloca os operadores em risco. Verificou-se que as intensidades de ruído verificadas nos vários processos, variam na maioria dos processos entre 80 e 87,07 dB. Os postos mais críticos são a decapagem, rebarbagem e desempenho.

Esta medição evidencia a necessidade de todos os operadores necessitarem do uso de auscultadores de proteção auditiva, algo que não se verifica na maioria dos casos.

As intensidades de ruído de cada processo do fluxo principal da estrutura da quinadora, podem ser consultados no Anexo F.

5.2 - Impacto da implementação

O estudo que se segue apresenta o impacto previsto das sugestões de melhoria considerando já a existência de supermercados e a aplicação de 5S.

Para a estimativa do impacto do estudo será considerado que o *lead time* de produção é de uma semana e que se consegue responder à procura de 4 quinadoras por semana, sendo todas elas Guimadira PM13530.

Foi estimado que as duas peças de 16 mm de cada uma das quatro quinadoras provinham da mesma chapa de 16 mm, o que leva à redução do trabalho de 2 chapas de 16mm de espessura anualmente. Estas duas chapas representam as chapas que seriam precisas para a produção das 384 peças necessárias para a resposta à procura anual. Em cada chapa é possível cortar 200 peças de 16x60x2465.

Estima-se que as melhorias propostas contribuirão para a diminuição em um terço dos tempos de preparação e transporte.

Para as poupanças monetárias anuais contribuirão as poupanças energéticas, poupanças em materiais e poupanças em horas de trabalho de operários.

Foram considerados 3€ por cada hora de trabalho poupada.

Para uma avaliação mais realista do impacto das medidas, foram analisados os custos de eletricidade por KWh pagos pela empresa ao seu fornecedor energético, a Galp Power S.A. A tabela 5.1 sintetiza os custos associados em euros por KWh, dependendo se a hora do dia é hora de ponta, vazio ou cheia.

Tabela 5.1 - Custos energéticos por KWh

Custo de energia ativa vazio normal [euros]	Custo de energia ativa super vazio [euros]	Custo de energia ativa ponta [euros]	Custo de energia ativa cheias [euros]
0,05705	0,04945	0,07096	0,06595

Foi considerado para o estudo, o consumo em baixa tensão especial, considerando o horário de verão aplicado pela ERSE. Os horários podem ser consultados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Horário de referência para cada tipo de consumo

Vazio [horário]	Super vazio [horário]	Ponta [horário]	Cheias [horário]
06:00 - 08:00	02:00 - 06:00	10:30 - 13:00	08:00 - 10:30
22:00 - 02:00		19:30 - 21:00	13:00 - 19:30
			21:00 - 22:00

Analisando as tabelas 5.1 e 5.2 e verificando o funcionamento da empresa entre as 06:30 e as 23:00, estamos agora em condições de calcular os custos associados, e as poupanças resultantes das melhorias propostas.

A empresa apresenta 2 horas e 30 minutos de funcionamento em vazio, 4 horas de funcionamento em horário de ponta e 10 horas de funcionamento em horário de cheias, por cada dia de trabalho.

Assim foi calculado o custo médio esperado por cada KWh de energia:

$$0,1515 \times 0,05705 + 0,2424 \times 0,07096 + 0,6060 \times 0,06595 = \frac{0,06581\text{€}}{\text{KWh}}$$

Sabendo agora em média a poupança energética por cada KWh, e sabendo o custo dos materiais, estamos em condições de medir o impacto económico e ambiental das medidas propostas.

Esse impacto pode ser consultado na tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Impacto económico anual previsto

Reduções	Descrição	Poupanças temporais [horas]	Poupanças anuais em operários [euros]	Poupanças anuais de energia [KWh]	Poupanças anuais [euros]
Tempo de decapagem	Melhoria devido à não decapagem das 2 chapas de 16 mm	1,43	4,3	65,6	4,3
Tempo de pintura	Melhoria devido à não pintura primária da chapa de 16 mm	1,2	3,6	1,2	0,1
Tempo de oxicorte	Melhoria da velocidade do corte	63,4	190,1	114,1	7,5
Processo Decapagem-pintura primária - Oxicorte	Diminuição em 1,5 h de trabalho de valor não acrescentado do operador do oxicorte	360	1080	-	-
Tempos totais de transporte e preparação	Diminuição em 1/3 nos tempos de transportes e preparação	941,6	2824,9	As poupanças energéticas associadas a esta redução estão consideradas nos recursos gerais	-
Stand-by	Redução em 75% do consumo de energia	-	-	11794,5	776,2

Poupança em materiais	Poupança em materiais ¹⁶	-	-	-	6.173,8
Recursos gerais	Poupanças nas melhorias nas pontes móveis e iluminação	-	-	91629,4	6.030,1

Estima-se com as melhorias propostas, a diminuição no consumo anual de energia em cerca de 103604,8 KWh e a diminuição em cerca de 102,3 toneladas de CO₂ para a atmosfera devido à diminuição do consumo de energia e não produção de 2 chapas de 16mm.

A poupança total associada à poupança energética, de materiais e horas de trabalho representa uma poupança global anual esperada de 16904,8 euros.

¹⁶ Esta poupança corresponde à diminuição do consumo de 109,5 kg de granalha, 19,8 litros de primário com endurecedor, 360 litros de água, 360 litros de óleo e 2 chapas de 16 mm de espessura. Os valores totais poupados em materiais, em função dos custos fornecidos pela administração da empresa, podem ser consultados no anexo G.

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

O último capítulo apresenta as conclusões retiradas através do estudo elaborado.

Neste capítulo são também abordados alguns trabalhos futuros a realizar para a sua melhoria em termos económicos e ambientais.

6.1 - Objetivos atingidos

Esta dissertação consistiu na elaboração de uma proposta de extensão do VSM aos fatores ambientais e a sua aplicação foi realizada nos processos de produção da estrutura da quinadora Guimadira PM 13530 e seus acessórios.

O projeto iniciou-se com o estudo e adaptação da ferramenta aos fatores energéticos e ambientais, e culminou com a aplicação dessa ferramenta num caso de estudo em contexto real.

Tipicamente os processos produtivos apresentam diversos desperdícios que representam custos para as organizações e representam entraves à entrega de valor ao cliente com a melhor relação de qualidade/preço.

Para compreender os desperdícios existentes na fabricação, foram seguidos todos os processos envolvidos na produção. Embora inicialmente estivesse apenas previsto o mapeamento para a estrutura da quinadora, acabou por ser feito também o mapeamento para os acessórios da quinadora.

Todos os processos relacionados com a estrutura da quinadora e acessórios foram seguidos, para que se conseguisse um mapeamento rigoroso dos processos.

O trabalho elaborado permite compreender com algum detalhe as tarefas executadas em cada processo, bem como serve de base para a compreensão dos desperdícios e problemas verificados na produção.

Apesar de inicialmente apenas estar previsto o mapeamento das atividades da estrutura da quinadora, acabaram por ser mapeados todos os processos existentes na fábrica relacionados com a produção da quinadora.

O mapeamento resultou em algumas dificuldades na medida em que representa enormes exigências temporais. Sendo o mapeamento executado individualmente e não em equipa multidisciplinar, a perda da ocorrência de uma atividade implica que o rigor dos dados recolhidos desça significativamente e o mapeamento tenha que ser repetido, até que estejam mapeados os processos para todas as 46 peças envolvidas na produção da estrutura analisada.

Apesar das dificuldades encontradas, todos os objetivos propostos foram alcançados. Os resultados obtidos apresentam uma enorme importância para a empresa, na medida em que representam os resultados que retratam de uma forma mais realista e atual o seu sistema produtivo.

O trabalho elaborado apresenta igualmente uma enorme importância na sensibilização dos operários para a eliminação do desperdício, para a poupança energética e diminuição dos impactos ambientais. É agora conhecido o tempo, custo, impacto ambiental e dispêndio energético associado a cada peça produzida.

Com os dados conseguidos com este trabalho a empresa está agora em condições de reduzir os seus custos e impactos ambientais associados à produção da quinadora e responder aos clientes de uma forma mais rápida.

O presente trabalho deixa salientes os principais problemas verificados na produção. As sugestões apresentadas permitirão à empresa poupar anualmente milhares de KWh, milhares de quilogramas de CO₂ emitidos para atmosfera, e dezenas de horas de trabalho por parte dos operadores face ao tempo demorado atualmente na produção.

O não conhecimento dos fluxos produtivos das guilhotinas e lasers, impediu que fosse apresentado um novo *layout*, mais adequado e capaz de reduzir o *lead time* da produção dos vários produtos.

6.2 - Trabalhos futuros

O VSM foi estendido com sucesso aos fatores energéticos e ambientais. Este estudo, como pudemos verificar, vai melhorar significativamente o processo produtivo estudado. No entanto existem diversas tarefas a executar para melhorar e complementar o trabalho realizado:

- Incorporar outros fatores ambientais no VSM, tais como outros gases emitidos para a atmosfera ao longo dos processos;
- Aplicar a extensão do VSM a todos os produtos da empresa, contribuindo assim para melhorias globais em detrimento de melhorias locais;
- Determinar os impactos ambientais associados à produção do material cortado no serrote;
- Dimensionar o novo comprimento das chapas compradas à Jamarfel e Silvafer;
- Neste estudo foram identificadas as áreas de cada processo, bem como a área de valor não acrescentado, ao longo de toda a fábrica. Com base no estudo efetuado, e no conhecimento do processo produtivo da guilhotina e quinadora, em trabalhos

futuros pode ser identificado um novo *layout*, capaz de diminuir os tempos perdidos em transportes, e tornar a produção num sistema quase totalmente do tipo *pull*;

- Dimensionar o stock mínimo e máximo do supermercado de cada processo;
- Aplicação de 5S ao sistema produtivo;
- Quantificar as inconformidades e taxas de retrabalho associadas a cada processo;
- Identificar os motivos que levam a que o *lead time* total verificado seja três vezes superior à sua capacidade produtiva.

Referências






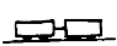

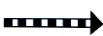




- [1] I. Lean Enterprise Institute, “What is Lean?,” 2009. [Online]. Available: <http://www.lean.org/whatslean/>. [Acedido em 14 Março 2013].
- [2] J. P. Womack, D. Ross e D. T. Jones, “The Machine that changed the world,” em *The Machine that changed the world*, 1990.
- [3] A. Nabais, “O papel do VSM no Desenho de Sistemas de Produção Eficientes,” 2012.
- [4] J. K. Liker, “The toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer,” 2007.
- [5] S. Shahrababaki, “Green and Lean Production Visualisation Tools - A case study exploring EVSM,” 2010.
- [6] R. Silva, “Aplicação do Value Stream Mapping para o Estudo e Melhorias do Processo Produtivo,” 2008.
- [7] GOPE, “Introdução ao Lean,” 2013.
- [8] J. M. Nicholas, *Competitive manufacturing management: continuous improvement lean production, customer-focused quality*, 1998.
- [9] J. Hu e S. Lu, *Visualisation of Environmental Waste by Manufacturing - Equip VSM with Green Perspective*, 2010.
- [10] I. Nunes, *Aplicação de ferramentas Lean no planeamento de Obras*, 2010.
- [11] E. Salgado, C. Mello, C. Silva e E. Almeida, *Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. Gestão de Produção* , 2009.
- [12] J. Marcos, “Lean Manufacturing - Ferramentas e aplicações em processos produtivos e transacionais,” 2011.
- [13] R. Pereira, “Guide to Lean Manufacturing,” 2008.
- [14] tutorialspoint, “Just-In-Time Manufacturing (JIT),” [Online]. Available: http://www.tutorialspoint.com/management_concepts/just_in_time_manufacturing.htm. [Acedido em 15 Fevereiro 2013].




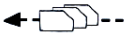



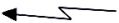

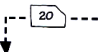
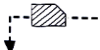




- [15] T. M. Corporation, “Just-in-Time – Philosophy of complete elimination of waste,” 2013. [Online]. Available: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html. [Acedido em 15 Fevereiro 2013].
- [16] A. L. d. Azevedo, “JIT Just-In-Time,” 2004. [Online].
- [17] A. L. d. Azevedo, “Tipologias e modos de produção,” Setembro 2012. [Online].
- [18] M. Rother e J. Shook, Learning to See - value-stream mapping to create value and eliminate muda, 2003.
- [19] V. Ramesh, K. S. Prasad e T. Srinivas, Implementation of a Lean Model for Carrying out Value Stream Mapping in a Manufacturing Industry, 2008.
- [20] N. R. C. Canada, Principles of Lean Thinking - Tools & Techniques for Advanced Manufacturing, 2004.
- [21] A. Nielsen, Getting Started with Value Stream Mapping, 2008.
- [22] T. Manos, Value Stream Mapping - An introduction. Quality Progress, 2006.
- [23] D. Jones e J. Womack, Seeing the whole - Mapping the extended value stream, 2003.
- [24] M. Rother e J. Shook, Learning to See: Value Stream Mapping to add Value and Eliminate. Brookline: The Lean Enterprise Institute., 1998.
- [25] B. Singh e S. Sharma, Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm, Measuring Business Excellence, Vol. 13 Iss: 3, pp.58 - 68, Vols. %1 de %2Vol. 13, , 2009, pp. 58-68..
- [26] N. Silva, Applicability of Value Stream Mapping (VSM) in the Apparel industry in Sri Lanka, 2011.
- [27] I. Lasa, C. Luburu e R. Vila, An evaluation of the value stream mapping tool, 2008.
- [28] EPA, Lean and the Environment toolkit, 2007.
- [29] K. Romvall, M. Kurdve, M. Bellgran e j. Wictorsson, Green Performance Map - An industrial Tool for Enhancing Environmental Improvements within a Production System, 2011.
- [30] A. Govindarajulu, Using VSM to assess environment impacts, 2005.
- [31] M. Braglia, G. Carmigani e F. Zammori, A new value stream mapping approach for complex production systems - International journal of production research, 2006.
- [32] GumshoeKI, “Value Stream Map Examples,” 2012. [Online]. [Acedido em Abril 2013].
- [33] U. Nations, “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development,” 1987. [Online]. Available: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>. [Acedido em 21 Maio 2013].
- [34] V. University, “What is Sustainability?,” 2013. [Online]. Available:



- <http://www.vanderbilt.edu/sustainvu/who-we-are/what-is-sustainability/>. [Acedido em 21 Maio 2013].
- [35] I. O. f. Standardization, “ISO 14000 - Environmental management,” [Online]. Available: <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>. [Acedido em 21 JMaio 2013].
- [36] A. P. d. Certificação, “ISO 14001:2004 - Environmental Management Systems,” [Online]. Available: http://www.apcer.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=117%253Aiso14001&catid=4&Itemid=45. [Acedido em 21 Maio 2013].
- [37] E. P. Agency, “Pollution Prevention (P2),” 10 Abril 2013. [Online]. Available: <http://www.epa.gov/ems/>. [Acedido em 21 Maio 2013].
- [38] C. M. Dues, K. H. Tan e M. Lim, “Green as the new lean: How to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain,” *Journal of Cleaner Production*, 2011.
- [39] G. Bergmiller e P. McCright, “Lean Manufacturers’ Transcendence to Green Manufacturing,” em *Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference*, 2009.
- [40] A. Pampanelli, A. Bernardes e P. Found, “Modelo Lean e Green para uma célula de produção:,” Porto Alegre, 2012.
- [41] A. D. R. Lda, “PM Guimadira,” Julho 2013. [Online]. Available: <http://www.adira.pt/004.aspx?dqa=0:0:0:9:0:0:-1:7:0>.
- [42] L. L. J. R. M. Kundak, “CO2 emissions in the steel industry,” 2009.
- [43] EPA, “EGRID Summary tables.,” Washington DC, 2008.
- [44] T. M. Corporation, 2012. [Online]. Available: http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/data/company_information/management_and_finances/finances/income/1988.html#content. [Acedido em 14 Março 2013].
- [45] G. Group, “Shenzhen HoldLed Photoelectronic Co., Ltd.,” Holdled, 2013. [Online]. Available: <http://holdled.gmc.globalmarket.com/products/details/60w-led-corn-light-replacing-250w-hid-canopy-with-ce-rohs-1381191.html>. [Acedido em Agosto 2013].
- [46] A. Groups, “Industrial Catalogue,” [Online]. Available: <http://www.austecgroups.com.au/content/industrial-catalogue>. [Acedido em Agosto 2013].

Anexo A

Ícones VSM

Ícone	Designação	Notas	Tipo
	Processo de manufatura	Cada caixa corresponde a uma área de fluxo. Usado para descrever cada processo do <i>value stream</i> . Cada processo deve ter uma nomeação.	Ícone de materiais
	Recursos externos	Usado para identificar fornecedores, clientes e <i>outsourcing</i> .	Ícone de materiais
	Caixa de dados	Usado para descrever a informação ao longo dos diversos processos da cadeia de valor, departamentos, clientes etc.	Ícone de materiais
	Inventário	Representam a quantidade de <i>stock</i> de materiais em curso e produtos acabados. Deve ser representado o tempo que esse <i>stock</i> existe.	Ícone de materiais
	Carregamento de avião	Representa carregamentos através de um avião. A frequência de carregamento deve ser representada	Ícone de materiais
	Carregamento de comboio	Representa carregamentos através de um comboio. A frequência de carregamento deve ser representada.	Ícone de materiais
	Carregamento de camião	Representa os carregamentos de camiões para carga de produtos para clientes e descarga de matérias primas por parte dos fornecedores. Deve ser anotada a frequência com que estes carregamentos ocorrem.	Ícone de materiais
	Movimento push de materiais	Indica que o material produzido no processo anterior é empurrado para o processo procedente o requisito ou necessita. Normalmente baseia-se num planeamento.	Ícone de materiais
	Movimento de materiais acabados	Representa as movimentações de materiais acabados, quer do fornecedor para a fábrica, quer da fábrica para o cliente.	Ícone de materiais
	Supermercado	Representa a existência de um supermercado que permite controlar o inventário que é usado na produção planeada num processo a montante.	Ícone de materiais
	Armazém	Representa a existência de um armazém.	Ícone de materiais
	Recolha de materiais	Representa os materiais que são puxados, normalmente de um supermercado por acção de um kanban.	Ícone de materiais

	First-in-first-out	Representa a transferência de materiais entre processos. Pretende assegurar o fluxo FIFO, onde o material que está há mais tempo é transferido primeiro. Deve ser indicada a quantidade máxima de materiais.	Ícone de materiais
	Bola de sequenciamento PULL	Fornece a indicação para produzir imediatamente um determinado tipo e quantidade de um produto. Representa um sistema <i>pull</i> para processos de submontagem sem o uso de um supermercado.	Ícone de informação
	Posto Kanban	Deve estar colocado onde os <i>kanbans</i> são recolhidos e mantidos para transporte.	Ícone de informação
	Kanban a chegar em lotes	Representa <i>kanbans</i> a chegar por lotes de produção.	Ícone de informação
	Limitador de produtos produzidos	Representa a nivelção na produção de vários produtos diferentes ao longo de um período de tempo. Indica o volume de cada produto produzido num determinado período.	Ícone de informação
	Ver planeamento de produção	Indica o ajuste do planeamento com base na verificação dos níveis de inventário	Ícone de informação
	Fluxo de informação manual	Indica o fluxo de informação por meio manual.	Ícone de informação
	Fluxo electrónico de informação	Indica o fluxo de informação por meio electrónico.	Ícone de informação
	Fluxo de informação	Apresenta um fluxo de informação.	Ícone de informação
	Kanban de produção	Dá a indicação e permissão para a produção de uma determinada quantidade e tipo de material. Deve ser usado um kanban por lote.	Ícone de informação
	Kanban de levantamento	Representa um cartão ou dispositivo que dá a indicação para o levantamento e transferência de materiais de um supermercado para um consumidor. Deve ser usado um kanban por lote.	Ícone de informação
	Telefone	Indica a existência de um telefone	Ícone de informação
	Posto de controlo	Indica a existência de um posto de controlo	Ícone de informação
	Kanban de sinal	Indica quando a produção deve ser feita por lotes por serem necessárias trocas de ferramentas. Deve ser usado um <i>kanban</i> por lote.	Ícone de informação
	Kaizen bursts	Serve para evidenciar as necessidades de melhoria em processos específicos. Normalmente usado para planear workshops <i>Kaizen</i> .	Ícone geral

	Stock de segurança	Representa a existência de um stock de segurança ali posicionado.	Ícone geral
	Operador	Representa a existência de um operador.	Ícone geral

Anexo B

Métricas ambientais

Métrica	Definição	Unidade de medida	Objetivo
Energia usada	Consumos de energia usada para transporte ou não transporte ao longo do processo produtivo;	KWh, energia consumida or unidade produzida; energia de valor acrescentado; energia de valor não acrescentado; total de energia consumida;	Compreender consumos energéticos existentes ao longo dos processos; compreender formas de redução no consumo energético;
Gases utilizados	Consumo de gases ao longo do processo produtivo;	Bar, Psi, quilogramas, % desperdiçada;	Compreender os consumos de gases existentes ao longo dos processos; Reduzir o consumo de gases;
Espaço utilizado	Todo o espaço utilizado no sistema produtivo, quer com equipamentos, produtos, stocks ou outros componentes;	m ²	Analisar o espaço utilizado; Encontrar meios para melhoria da rentabilização do espaço utilizado;
Materiais utilizados	Todos os materiais utilizados ao longo da produção de produtos;	Toneladas por ano; quilogramas por unidade de produto; % materiais aproveitada, % desperdiçada; % materiais reciclada;	Compreender os consumos de materiais nos processos; Reduzir os consumos de materiais;
Uso de água	Água consumida ao longo do processo produtivo, quer para o produto, quer para qualquer atividade relacionada com o produto;	Litros de água utilizada, % água reaproveitada, % água desperdiçada, % de redução de consumo de água.	Eliminar ou reduzir os consumos de água nos processos; Encontrar formas de reutilização de água;
Emissões atmosféricas	Emissão para a atmosfera de qualquer gás tóxico;	Quilogramas por ano; Quilogramas por produto produzido; % de redução efetuada;	Compreender as emissões de gases para a atmosfera; Reduzir emissões de gases para a atmosfera;
Dinheiro poupado	Dinheiro poupado por qualquer redução de consumo de recursos por alterações nos processos;	euros poupados;	Compreender os custos associados a cada etapa dos processos; Reduzir os custos associados à produção;

Anexo C

Lista de máquinas

ID	Equipamento	Tipo
53	Zayer 6000 CM ³	Maquinagem
124	Mecof CS 103 – Fresadora mecânica	Maquinagem
151	Mecof CS 103 – Fresadora mecânica	Maquinagem
171	Zayer KMU 7000 – Fresadora	Maquinagem
175	Zayer KFU 5000 – Centro de maquinagem	Maquinagem
210	Zayer 30KC 9000 – Fresadora de coluna móvel	Maquinagem
215	Zayer 30 KCU 12000 AR – Fresadora de coluna móvel	Maquinagem
AR-53	Ponte rolante com avanço Tegopi 10 toneladas	Movimentação
AR-54	Ponte rolante com avanço Tegopi 10 toneladas	Movimentação
AR-55	Aspirador – Wirbel k855	Maquinagem
AR-56	Varredora poli-motoscope SNC Tipo-P 500 ET	Apoio
AR-58	Maquina de lavar Super Jet Fashion-135 -1TSS	Tratamento
PA-01	Ponte rolante com avanço Tegopi 10 toneladas	Movimentação
PA-02	Ponte rolante com avanço Tegopi 10 toneladas	Movimentação
PA-03	Sisson Lehmann - Máquina de decapagem com máquina de pintura	Tratamento
PA-04	Corta P 4000 –pantógrafo	Corte
PA-05	Máquina de rebarbar giratória	Tratamento
PA-06	Serrote mecânico Kasto EBS 450 mm	Corte
PA-07	Pantógrafo Messer Corta KS 20 B	Corte
PA-08	Pantógrafo Corta KS 20 B com injetor de plasma	Corte
PA-09	Adira PDH320 – Prensa hidráulica	Tratamento
PA-10	Adira PDH125 – Prensa hidráulica	Tratamento
PA-11	Adira GH0E1234 – Guilhotina	Corte
PA-12	Adira – QIH45060/70 CB	Maquinagem
PA-13	Pórtico Tegopi 10 Toneladas	Movimentação
PB-01	Ponte rolante com avanço Tegopi 10 toneladas	Movimentação
PB-14	Ponte rolante com avanço Tegopi 20 toneladas	Movimentação
PB-15	Ponte rolante com avanço Tegopi 16 toneladas	Movimentação
PB-16	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-17	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-18	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-19	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-21	Safmig 500 BLS máquina semi-automática	Soldadura
PB-22	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-23	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-24	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-25	Safmig 380 BL máquina semi-automática	Soldadura
PB-26	Filter max Nederman	Apoio

PB-27	Cabine de aspiração Ciolfi-Baroni	Apoio
PB-30	Pórtico Tegopi 10 toneladas	Movimentação
PB-33	Fresadora universal Mechanicy FWA 41M	Maquinagem
PB-34	Ezio Pensotti KL105 – 3mm – plaina	Maquinagem
PB-35	Ezio Pensotti KL.90/105 – 4000 mm – plaina	Maquinagem
PB-36	Caser F50 – 2000 – Furadora radial	Maquinagem
PB-37	HCP WR 50/2 – Furadora radial	Maquinagem
PB-40	Efi – 1500 mm / Torno mecânico DU2215	Maquinagem
PB-41	Esmerilador de 2 mós – Nebes Special 380V	Apoio
PB-42	Vibrador VSR	Tratamento
PB-44	Máquina de soldar por arco - Praxair Recttif. D552 EN60974-1	Soldadura
PB-45	Máquina de afiar brocas MFMS Marques Santos	Apoio
PB-46	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-47	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-48	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-49	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-50	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-51	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-52	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-53	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PB-54	Praxair actual 606B – Máquina de soldadura por arco	Soldadura
PC-164	Fresadora Zayer 11000 MFU	Maquinagem
PC-44	Cabina de pintura Ronor	Pintura
PC-45	Cabina de preparação Ronor	Pintura
PC-46	Cabina de rebarbagem Ronor	Tratamento
PC-50	Ponte rolante com avanço Tegopi 20 toneladas	Movimentação
PC-51	Ponte rolante com avanço Tegopi 12,5 toneladas	Movimentação
PC-52	Máquina de medição Zoller	Inspeção
PC-55	Termoventilador Blow Therm	Maquinagem
XX1	Carrinho de transporte	Uso Geral
XX2	Camião de movimentação	Transporte
PC-XX3	Carrinho da pintura	Pintura
XX4	Rebarbadora BOSCH	Rebarbagem
XX5	Maçarico	Uso Geral
XX7	Carrinho do armaém	Uso Geral
XX8	Carrinho 210	Uso Geral
XX9	Carrinho 215	Uso Geral
C-PB	Cais de carga Nave B	Maquinagem
AMZ-G	Armazém de gases industriais	Uso Geral
BUF	Buffer	Uso Geral
FLT	Flat	Uso Geral
PRT	Ferramentas portáteis	Uso Geral
XX10	Empilhador	Uso Geral

Anexo D

Inputs e Outputs

<i>Fluxo principal de produção da estrutura da quinadora</i>			
<i>ID</i>	<i>Processo</i>	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
1	Decapagem	Chapa, eletricidade	Desperdício de granalha Emissões atmosféricas
2	Pintura Primária	Eletricidade, chapa, tinta, endurecedor	Emissões atmosféricas
3	Oxicorte	Chapa, eletricidade, oxigénio, acetileno	Emissões atmosféricas Desperdício de chapa
4	Prensa	Peças em chapa, eletricidade	Emissões atmosféricas Resíduos do oxicorte
5	Soldadura	Peças em chapa, eletricidade, fio de soldadura	Emissões atmosféricas
6	Rebarbagem	Peças em chapa, eletricidade	Emissões atmosféricas
7	Maquinagem Zayer 6000CM ³	Quinadora, eletricidade, água	Desperdício de limalha Emissões atmosféricas
8	Pintura	Quinadora, eletricidade, massa de polir, diolente, tinta	Emissões atmosféricas
<i>Processos secundários</i>			
9	Serrote	Tubos metálicos, eletricidade	Emissões atmosféricas Desperdícios de material
10	Guilhotina	Peças em chapa, eletricidade	Emissões atmosféricas Desperdícios de chapa
11	Quinadora	Peças em chapa, eletricidade	Emissões atmosféricas
12	Rebarbagem giratória	Peças em chapa, eletricidade	Emissões atmosféricas

Anexo E

Tempos parciais de oxicorte

ID	Descrição da peça	Efeito	Quantidade [unidades]	Tempo por unidade [minutos]
QU2-0102-00-0055	Chapa do montante	Corpo da estrutura	2	39,2
QU2-0102-00-0056	Suporte postiço da guiagem	Corpo da estrutura	4	11,05
QU2-0102-00-0057	Chapa de espaçamento	Corpo da estrutura	4	Subcontratado
QU2-0102-00-0058	Patela da Guiagem	Corpo da estrutura	2	8,28
QU2-0103-00-0041	Chapa avental fixo	Corpo da estrutura	1	19,52
QU2-0103-00-0042	Reforço avental fixo	Corpo da estrutura	1	23,58
QU2-0103-00-0043	Calço das cunhas	Corpo da estrutura	2	8,33
QU2-0105-00-0006	Sapata	Corpo da estrutura	2	3,16
Chapa ESP 40	-RSt37.1-DIN17100	Corpo da estrutura	4	5,86
QU2-0121-00-0025	Chapa do avental móvel	Corpo do avental móvel	1	55
QU2-0123-00-0018	Reforço do avental móvel	Corpo do avental móvel	2	3,77
QU1-0159-03-0013	Chapa 16x60x2465	Régua de esbarro	1	10,58
QU2-0104-00-0059	Reforço interior	Suporte dos cilindros	2	2,26
QU2-0107-00-0025	Patela inferior do cilindro	Suporte dos cilindros	2	3,57
QU2-0107-00-0024	Patela superior do cilindro	Suporte dos cilindros	2	3,77
QU2-0104-00-0058	Cutelos interiores	Suporte dos cilindros	2	10,12
QU2-0104-00-0080	Cutelo exteriores	Suporte dos cilindros	2	7,42
Total			36	358,38

Anexo F

Nível de ruído do fluxo principal

Posto	Intensidade de ruído [dB]
Decapagem	87.02 DB
Pintura primária	86,57 DB
Oxicorte	85.85 DB
Desempeno	86.40 DB
Soldadura	85.44 DB
Rebarbagem	87.07 DB
Zayer 6000cm ³	84. 36 DB
Estufa de pintura 1	79.53 DB*
Estufa de pintura 2	78.98 DB*
Estufa de pintura 3	78.54 DB*

* Os valores da estufa de pintura foram medidos no exterior, uma vez que a entrada na estufa é limitada a operadores.

Anexo G

Custos e poupanças em materiais

Material	Descrição	Custo unitário	Quantidade	Poupança anual devido a medidas [euros]
Granalha de baixo teor de carbono	Poupança na granalha devido à não decapagem de 2 chapas de 16 mm anualmente	0,82€ / Kg	109,5 kg	89,79
Primário + endurecedor	Poupança no primário e endurecedor devido à não decapagem de 2 chapas de 16 mm anualmente	3,9€ / litro	19,8 litros	77,22
Óleo	Poupança de 75% do óleo desperdiçado anualmente	3,53€ / litro	360 litros	1270,8
Chapas de 16 mm	Não utilização de 2 chapas de 16 mm anualmente	2368€ / chapa	2	4736
Poupança anual total em materiais – 6.173,81€				